

3  
Seriewaak  
~~3~~

NN 36654

# Themadag

**Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw**

Redactie : ir. B.A. ten Hag, dr. ir. A. Darwinkel en ir. G.E.L. Borm  
Bureauredactie : ing. H. Bosch en S. Zwanepol

Themaboekje nr. 17  
4 maart 1994



Informatie- en Kenniscentrum voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Postbus 369, 8200 AJ Lelystad, tel. 03200 - 91800

Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Postbus 430, 8200 AK Lelystad, tel. 03200 - 91111, fax 03200 - 30479

PROEFSTATION



LELYSTAD

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0576 1032

557636

BIBLIOTHEEK  
LANDBOUWUNIVERSITEIT  
WAGENINGEN

---

# Inhoud

---

<b>Voorwoord</b> .....	6
<i>ir. A.J. Riemens</i>	
<b>Introductie; onderzoek aan agrificatie en nieuwe gewassen in de akkerbouw</b> .....	7
<i>ir. B.A. ten Hag</i>	
Keuze onderzoekthema's .....	7
Overzicht PAGV-onderzoek .....	8
Toekomstig teeltonderzoek .....	10
<b>Leveren nieuwe olieproducerende gewassen wonderolie voor de akkerbouw?</b> .....	12
<i>ir. G.E.L. Borm en ing. N. van Dijk</i>	
Inleiding .....	12
Productie .....	15
Teeltknelpunten .....	17
Rol in het bouwplan .....	25
Gewassaldo .....	26
Verwerking en afzet .....	27
Perspectief .....	28
<b>Cichorei, een mogelijkheid erbij?</b> .....	30
<i>ir. C.E. Westerdijk</i>	
Inleiding .....	30
Afzet en markt .....	32
Gewasontwikkeling .....	32
Productiemogelijkheden .....	34
Teeltknelpunten .....	35
Rol in het bouwplan .....	39
Gewassaldo .....	39
Verwerking .....	40
Perspectief .....	41
<b>Carvonproductie uit karwij- en dillezaad</b> .....	43
<i>ing. H.J. van der Mheen, ir. A. Evenhuis en ing. J.G.N. Wander</i>	
Inleiding .....	43
Productiemogelijkheden karwij en dille .....	45
Teeltknelpunten .....	48
Rol van karwij en dille in het bouwplan .....	52
Saldo en economie .....	53
Verwerking en afzet .....	55
Toekomstvisie/perspectief .....	56

<b>Gierstmelde, Inca-graan op Nederlandse bodem</b> .....	58
<i>ing. W.C.A. van Geel en dr.ir. A. Darwinkel</i>	
Inleiding .....	58
Zaadsamenstelling en toepassingsmogelijkheden .....	58
Areaalverwachting .....	60
Onderzoeksprojecten .....	60
Gewasontwikkeling en productie .....	61
Teeltknelpunten .....	62
Rol in het bouwplan .....	65
Gewassaldo .....	65
Verwerking en afzet .....	66
Perspectieven .....	67
<b>Vezelhennep, een opsteker voor de akkerbouw?</b> .....	69
<i>ing. H.M.G. van der Werf MSc. (PAGV/AB-DLO/LUW-Agronomie), ing. W.C.A. van Geel (PAGV) en ing. M. Wijnhuizen (AB-DLO)</i>	
Inleiding .....	69
Gewas- en produkteigenschappen .....	69
Potentiële productie en proefveldopbrengsten .....	70
Teeltknelpunten .....	72
Rol in het bouwplan .....	75
Gewassaldo .....	75
Verwerking en afzet .....	76
Perspectief .....	77
<b>Miscanthus, een meerjarig energie- en vezelgewas</b> .....	79
<i>dr.ir. A. Darwinkel (PAGV), ing. W.C.A. van Geel (PAGV) en ing. H.M.G. van der Werf MSc. (PAGV/AB-DLO/LUW-agronomie)</i>	
Inleiding .....	79
Gewasomschrijving .....	79
Afzetmarkten .....	80
Potentiële productie .....	81
Teeltknelpunten .....	82
Rol in het bouwplan .....	85
Gewassaldo .....	86
Verwerking en afzet .....	87
Perspectief .....	87
<b>Perspectieven in de energiemarkt</b> .....	90
<i>ir. M.J.G. van Onna (LEI-DLO)</i>	
Inleiding .....	90
Markt: eisen aan het eindproduct bio-energie .....	91
Markt: eisen aan de grondstof bio-massa .....	92
Optie één: combined-cyclus-technologie .....	93
Optie twee: co-verbranding .....	94
Optie drie: warmte-kracht opwekking .....	94
Optie vier: warmte-opwekking op boerderij-niveau .....	95
Conclusie .....	95

Aanbod uit de akkerbouw .....	95
Stro .....	95
Miscanthus .....	96
Hout .....	98
Eindconclusie .....	99
<b>Visie vanuit het marktkundig onderzoek op agrificatie .....</b>	<b>100</b>
<i>drs. A.C. Koster en ir. H.H.W.J. Sengers (LEI-DLO)</i>	
Inleiding .....	100
Algemeen kader: uitgangspunten .....	100
Lopende projecten .....	101
Nieuwe projecten .....	101
Hennep als grondstof voor papierpulp .....	103
Plantaardige technische oliën als grondstoffen voor de industrie .....	106
Eindconclusie: marktperspectieven .....	108

---

# Voorwoord

---

De akkerbouw heeft dringend behoefte aan nieuwe afzetmarkten. Nieuwe gewassen en nieuwe bestemmingen van bestaande gewassen zouden de druk van de overschotten op de markt verminderen, wat tot prijsherstel zou kunnen leiden. Bovendien zou dit kunnen bijdragen aan de verruiming van de veelal intensieve bouwplannen, waardoor ook de input van gewasbeschermingsmiddelen zou kunnen verminderen. Midden tachtiger jaren groeide het besef dat deze markten vooral in de non-food sector gezocht moesten worden. Het begrip agrificatie ontstond, dat wil zeggen het ontwikkelen van industriële non-food producten uit agrarische grondstoffen.

Via werkgroepen en studies zijn de meest perspectiefvolle thema's en potentiële gewassen voor agrificatie-onderzoek in beeld gebracht. Gestimuleerd door additionele middelen van overheid, EG en dergelijke heeft het landbouwkundig onderzoek de afgelopen jaren een aantal onderzoeksprogramma's opgezet waarin de mogelijkheden van kansrijke nieuwe gewassen voor de Nederlandse akkerbouw zijn verkend. In de meeste van deze veelal multidisciplinaire programma's is het PAGV betrokken. Het PAGV-onderzoek

richt zich daarbij op de teeltmogelijkheden zoals de bereikbare opbrengst en kwaliteit, het opsporen en oplossen van teeltknelpunten en de inpassing in het bouwplan.

Nu dit onderzoek een aantal jaren loopt en de eerste programma's worden afgerond willen we de belangrijkste resultaten van het door het PAGV uitgevoerde onderzoek op deze themadag presenteren. Daarnaast wordt een tweetal thema's over energiegewassen en marktperspectieven door het LEI-DLO belicht. Het onderzoek heeft veel basiskennis over de teeltmogelijkheden en inzicht in het perspectief van nieuwe gewassen voor de Nederlandse akkerbouw opgeleverd. Ik hoop dat deze kennis bijdraagt aan de beeldvorming over wat men in de nabije toekomst van 'nieuwe' gewassen/agrificatie mag verwachten.

Een woord van dank geldt niet alleen de medewerkers aan dit Themaboekje, maar ook zij die het onderzoek hebben uitgevoerd of hieraan hebben meegewerkt.

De directeur PAGV,  
ir. A.J. Riemens

# Onderzoek aan agrificatie en nieuwe gewassen in de akkerbouw

*ir. B.A. ten Hag*

Midden tachtiger jaren groeide het bewustzijn dat gezien de marktverzadiging voor veel akkerbouwprodukten dringend gezocht moest worden naar nieuwe produkten waarvoor nog wel (potentiële) ruimte in de markt was. Daarnaast was er ook vanuit de toenemende bodemzietendruk in het veelal intensieve Nederlandse bouwplan behoefte aan bouwplanverbreding met andere gewassen. Tegen deze achtergrond hebben verschillende werkgroepen verkennende studies gedaan over potentiële mogelijkheden van bestaande (kleine) gewassen en nieuwe gewassen. In een in 1984 uitgebrachte NRLO-discussienota (Bieringa en Höbaus, 1984) werden onder andere erwten, veldbonen, uien voor industriële verwerking en brouwerst genoemd. In latere studierapporten lag de nadruk steeds meer bij afzetmogelijkheden voor non-food toepassingen en werd het begrip 'agrificatie' geïntroduceerd. Daaronder verstaan we het ontwikkelen van industriële produkten uit agrarische grondstoffen buiten de sfeer van voedings- en genotmiddelen. Hierbij moet niet alleen aan nieuwe gewassen worden gedacht, maar ook aan nieuwe toepassingen voor produkten (bijvoorbeeld zetmeel, eiwit en suikers) uit bestaande gewassen.

In feite is agrificatie niet nieuw. Immers in het verleden teelde men al hennep voor touwslagerijen, vlas voor de linnen- en verfindustrie, aardappelzetmeel voor lijmen, meekrap voor de verfindustrie etc. Deze grondstoffen werden deels verdrongen door concurrerende grondstoffen vanuit de sterk groeiende petrochemische industrie. De landbouw ging zich als gevolg van de bevolkingsgroei meer op de voedselproductie richten. Agrificatie kreeg tot voor kort dan ook weinig aandacht. In 1992 werd in de EG circa 1,5 % van het akkerbouwareaal betoeld met gewassen voor

niet voedingsdoeleinden. De verwachting is dat dit in 2000 circa 6 % zal zijn (mondelinge mededeling Feillet, INRA).

## Keuze onderzoekthema's

In principe zijn er vele mogelijkheden voor gebruik van 'groene' grondstoffen voor non-food toepassingen denkbaar. De vraag is welke het meest kansrijk zijn, om daar het onderzoek op te kunnen concentreren. Daarom is de aandacht van het onderzoek in eerste instantie vooral gericht geweest op inventarisatie en selectie van de meest perspectiefvolle thema's en potentiële gewassen voor agrificatie.

Belangrijke aspecten daarbij zijn:

- Omdat afzet essentieel is moeten we eerst weten aan welke grondstoffen de industrie in principe behoefte heeft. Aan welke specificaties moeten ze voldoen en welke prijs heeft men er voor over. Eisen als constante kwaliteit, continu aanbod, stabiele prijs en dergelijke blijken daarbij van belang. Het op termijn knapper worden van het aanbod op grondstoffenmarkten (fossiele brandstoffen, hout etc.) kan ook prikkels voor agrificatie inhouden.
- Welke gewassen kunnen de gewenste grondstoffen leveren en tegen welke kostprijs. Vooral bij nieuwe, weinig gedomesticeerde plantensoorten is kennis van bereikbare opbrengsten en kwaliteiten alsmede van mogelijke teeltknelpunten nodig. Anderzijds is inzicht in de genetische variatie essentieel.
- Kunnen de gewenste inhoudstoffen op een goede wijze uit de planten worden gewonnen en tegen welke prijs. Milieuvriendelijkheid van de technologie en de mogelijkheid nevenprodukten tot waarde te brengen spelen hierbij ook een rol.

- Is de winning en verwerking eenvoudig in bestaande produktieketens in te bouwen of zijn grote investeringen (bijvoorbeeld nieuwe fabrieken) nodig. Ook de gewenste organisatie van de hele produktiekolom is van belang.
- Een belangrijke drijfveer voor agrificatie ligt in de beperking van bepaalde milieuproblemen. Hierbij is onder andere te denken aan de afbreekbaarheid van produkten op basis van groene grondstoffen (verpakkingsmateriaal, smeeroliën, wasmiddelen en dergelijke), milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen, vervanging van fossiele brandstof met het oog op beperking van het broeikas effect en de zure-regenproblematiek.
- Betreft het bulkgrondstoffen die moeten concurreren met goedkope petrochemische grondstoffen of gaat het om meer hoogwaardige specialties. In ons land met relatief hoge grondprijzen en arbeidslonen zal meer behoefte zijn aan hoogwaardige produkten, waarbij ook het goede kennisniveau van de Nederlandse akkerbouwer kan worden benut.

Op grond van diverse voorstudies is door de stuurgroep Agrificatie van de NRLO in 1990 een actieprogramma voor onderzoek opgesteld waarbij als meest kansrijke thema's werden genoemd:

- vezels (papier, textiel, bouw- en composietmaterialen);
- oliën en vetten (smeermiddelen, detergentia, coatings, biologische en biochemische transformatie);
- koolhydraten (afbreekbare plastics, katalytische oxidatie tot onder andere polycarboxylaten ten behoeve van wasmiddelen);
- biomassa voor energie (waarbij biobrandstoffen voorlopig niet concurrerend blijken);
- overige milieugerichte thema's (plantaardige bestrijdingsmiddelen, slow-release produkten).

Sinds het eind van de tachtiger jaren zijn diverse onderzoekprogramma's over deze kansrijke thema's gestart. Daarbij gaat het veelal om een brede multidisciplinaire aan-

pak waarbij de hele keten van teelt tot verwerkt eindprodukt betrokken is. Waar mogelijk werden daarbij ook de betrokken industrieën ingeschakeld. Voor de financiering van dit onderzoek zijn additionele middelen (veelal 50 %) beschikbaar gesteld met name door de overheid en de EG. Bij EG-projecten gaat het steeds om samenwerking met buitenlandse instellingen en bedrijven. Door de overheid is gedurende 1985-1994 ongeveer 90 miljoen gulden voor onderzoek aan agrificatie uitgetrokken.

Een belangrijk onderdeel van het onderzoek ligt op het procestechnologische vlak waarbij vooral het ATO-DLO naast TNO-instituten ook internationaal gezien, een grote rol speelt. Verder krijgt naast het biologische onderzoek ook economisch en marktkundig onderzoek met name door LEI-DLO aandacht. Het PAGV is bij die programma's betrokken waarin ook de teelt van het gewas een rol speelt.

## Overzicht PAGV-onderzoek

Het PAGV/ROC-onderzoek in dit kader richt zich op de teeltaspecten zoals de produktiviteit en kwaliteit, het opsporen en oplossen van teeltknelpunten en het inpassen in het bouwplan. Veelal gebeurt dit in nauwe samenwerking met de relevante DLO-instituten, LUW-vakgroepen en TNO-instituten.

In eerste instantie gaat het erom een beeld te krijgen van de teeltmogelijkheden. Pas wanneer enige teelt in de praktijk wordt verwacht zoals bij teunisbloem, cichorei, crambe, karwij, olievlas wordt ook meer gedetailleerd teeltoptimalisatie-onderzoek uitgevoerd aan het betreffende gewas.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de projecten waaraan het PAGV werkt c.q. heeft gewerkt, de additionele financiering en de personele inzet van het PAGV.

De additionele financiering betreft steeds maximaal 50%, zodat de werkelijke onderzoekskosten minstens tweemaal zo hoog zijn. Vanuit het PAGV is de laatste jaren glo-



**Tabel 1.** Projecten met betrekking tot agrificatie en nieuwe gewassen waaraan het PAGV werkt c.q. heeft gewerkt, de additionele financiering en de personele inzet van het PAGV.

gewas	periode	add. financiering (miljoen gulden)		mensjaren inzet PAGV	financiers
		totale	PAGV programma		
teunisbloem	'84-'87	-	-	1,5	-
aardpeer	'86-'89	0,4	0,15	2,3	EG
kruiden	'86-'94	-	-	12	-
cichorei	'87-'88	-	-	0,8	-
zonnebloem	'87-'89	-	-	1	-
olievlas	'88-'91	-	-	2,5	-
mengteelt populier	'89-'94	0,4	0,0	10,5	prov. Overijssel + overheid
biocomb.-(tarwe)	'89-'91	+	0,0	20,6	overheid
hennep	'90-'93	9,0	0,5	6	overheid
nat. olie progr.	'90-'93	8,6	0,4	4,4	overheid
V.O.I.C.I.	'91-'94	5,5	0,2	3,4	EG
karwij/dille	'90-'95	4,9	0,6	7,0	overh./herstr.
cichorei	'92-'95	-	-	2,0	-
gierstmelde	'92-'96	4,7	0,5	5,5	herstr./ISP/EG
maïs t.b.v. zetmeel	'92-'95	0,7	-	0,5	herstr./ISP
miscanthus	'93-'95	+	0,05	1	EG
		± 35	± 2,5	± 51	

baal 9 mensjaren per jaar (onderzoekers + proefveld/lab - ondersteuning) voor onderzoek aan agrificatie- en nieuwe gewassen ingezet.

In de navolgende artikelen wordt uitvoerig ingegaan op het onderzoek over hennep, oliehoudende gewassen, karwij/dille, cichorei, gierstmelde en miscanthus. De overige projecten worden in dit boekje niet besproken; de resultaten hiervan zijn, voor zover het onderzoek is afgesloten, verwerkt in verslagen waarvoor verwezen wordt naar de literatuurlijst. Het onderzoek aan teunisbloem, aardpeer, zonnebloem en olievlas hebben een goed beeld gegeven van de teeltmogelijkheden onder Nederlandse omstandigheden. Voor de inulineproductie wordt aan het eenvoudiger te telen cichorei de voorkeur gegeven boven aardpeer (Morrenhof 1990, Borm 1992). Het perspectief van zonnebloemen voor zaadproductie bleek mede door de ziektegevoeligheid gering (Borm 1992). Bij teunisbloem en olievlas zijn met betrekking tot opbrengst, kwaliteit en oogstzekerheid goede

resultaten bereikt (Wander et al., 1991, Borm, nog niet gepubliceerd). Helaas is door wijziging in de EG-subsidie de olievlasteelt weer vrijwel verdwenen; het onderzoek is dan ook niet voortgezet.

Het kruidenonderzoek is grotendeels gericht op gewassen voor de farmaceutische- en de cosmetica-industrie, onder andere Digitalis, valeriaan, kamille, goudsbloem en korenbloem (Van der Mheen, 1993). Samen met de VNK (Verenigde Nederlandse Kruidencoöperatie) en Cebeco wordt onder andere gewerkt aan mechanisatie van de bloem-oogst van enkele kruiden.

Door enkele Groningse tarwetelers is het Zweedse Biocomb-concept voor "whole crop refinery" beproefd. Hieraan is via economisch onderzoek en toetsing aan het Biospectronbestedingsadvies bijgedragen (Darwinkel, 1993, Krikke, 1993).

Samen met IBN-DLO en PR wordt op een proefveld in Eese nagegaan of het rendement van houtteelt door tussenteelt van ak-

kerbouwgewassen of gras gedurende de eerste jaren te verbeteren is. De voorlopige resultaten zijn positief. In 1992 is op initiatief van AVEBE met NIKO-TNO en SIO onderzoek gestart naar de mogelijkheden van korrelmaïsteelt voor zetmeelwinning. De eerste resultaten zijn niet ongunstig.

Een belangrijk probleem bij de introductie van nieuwe gewassen vormt het feit dat er geen gewasbeschermingsmiddelen zijn toegelaten. Gezien het geringe areaal is het voor de bestrijdingsmiddelenindustrie niet aantrekkelijk om een toelating aan te vragen. Oplossingen zullen moeten worden gezocht om belemmeringen voor de teelt van nieuwe gewassen te voorkomen.

## Toekomstig teeltonderzoek

Hoewel de ontwikkelingen ten aanzien van agrificatie weinig voorspelbaar zijn, valt niet te verwachten dat het PAGV-onderzoek in dit kader zal uitbreiden. Wel is in samenwerking met AB-DLO, ATO-DLO, TNO-voeding en NIKO-TNO vanuit het Nederlands Graan Centrum een omvangrijk project over verbetering van tarwe voor industriële non-food verwerking in voorbereiding.

Het huidige onderzoek aan nieuwe gewassen/agricatie geeft voor de meest kansrijke gewassen reeds veel basiskennis over de teeltkundige aspecten. Meer gedetailleerd teeltoptimalisatie-onderzoek lijkt pas zinvol als de teelt in de praktijk verder van de grond komt. Immers deze meer gedetailleerde kennis is veelal niet bepalend voor de uiteindelijke commerciële introductie. Daartoe spelen technologische aspecten, situatie op de grondstoffenmarkt, en dergelijke een grotere rol. Belangrijk zijn ook politieke maatregelen op het terrein van milieu, marktondersteuning (EG), regelgeving, additionele financiering onderzoek en dergelijke.

In de notitie 'Agrificatie' die minister Bukman recent aan de Tweede Kamer heeft gestuurd blijkt dat de stimulansen van de overheid zich de komende vier jaren vooral zullen richten op de ontwikkeling van commerciële agrifica-

tietoepassingen. Behalve aan agrificatie-onderzoek zal ook financiële steun worden gegeven aan perspectiefvolle projecten die zich in het pilotstadium bevinden om de slag naar commerciële toepassing te maken. Hiervoor is 16,5 miljoen gulden uitgetrokken. Het initiatief ligt evenwel bij het bedrijfsleven. Daarnaast vindt ondersteuning plaats vanuit het milieubeleid en het industriebeleid/technologiebeleid.

Op de korte termijn biedt agrificatie voor de akkerbouw noch weinig lucht. Veel ontwikkelingen zijn nog in de beginfase. Bedacht moet worden dat het traject van idee tot commercieel produkt eerder 15 dan 5 jaar duurt. Bij de huidige verhoudingen op de grondstoffenmarkt is de prijs voor groene grondstoffen veelal te laag voor een rendabele teelt. Het nieuwe EG-beleid met betrekking tot handhaving van de braakvergoeding (f 1075,- en f 765,- per ha voor respectievelijk klei en zand) bij teelt van een gewas voor non-food verwerking is gunstig, temeer daar de productieprijzen hierdoor niet verhoogd wordt. Voor de toekomst zal de concurrentiekracht van groene grondstoffen kunnen toenemen als milieubelastende produkten en productieprocessen meer belast gaan worden. Het vertrouwen van de industrie in groene grondstoffen zal ook toenemen als de landbouw zelf via intermediaire industrieën de landbouwprodukten tot de gewenste grondstoffen omvormt. Hiervoor zijn de eerste initiatieven ontwikkeld. In beide artikelen vanuit het LEI-DLO wordt uitvoerig ingegaan op de marktmogelijkheden voor agrificatie.

## Literatuur

Boeringa, R. en P. Höbaus, 1984. Gewassen in het kader van bouwplanverruiming in de akkerbouw. Discussienota NRLO.

Borm, G.E.L., E.W.J.M. Mathijssen en W.J.M. Meijer, 1992. Produktiemogelijkheden cichorei. PAGV- Jaarboek 1991/1992, (p. 113-121).

Borm, G.E.L., 1992. Teelt van zonnebloemen voor zaadproductie. PAGV-Jaarboek 1991/1992, (p. 121-131).

Darwinkel, A. en A. Bramsvik, 1993. Biospectron, een systeem van mineralenvoorziening voor wintertarwe. PAGV-verslag 158.

Krikke, A.T., 1992. Bedrijfseconomische vergelijking van het Biocomb-concept met de gangbare oogst en bewaring van wintertarwe in het Oldambt. PAGV-Jaarboek 1991/1992.

Meijer, W.J.M., M. van der Waart en S. Vreeke, 1991. Groeirelatie bij Vezelvas. PAGV-Jaarboek 1990/1991.

Mheen, H.J. van der, 1993. Teelt van Digitalis lanata. Teelthandleiding nr. 50.

Mheen, H.J. van der, 1993. Informatiebundel kruiddenteelt 1993. Int. Med. 970.

Morrenhof, H. en C.B. Bus, 1990. Aardpeer een potentieel nieuw gewas - teeltonderzoek 1986-1989. PAGV-verslag nr. 99.

NRLO, 1990. Actieprogramma Agrificatie. NRLO-rapport nr. 90/7.

Wander, J.G.N., H.P. Versluis en P.M. Spoorenberg, 1991. Teeltonderzoek teunisbloem in Nederland. PAGV-verslag nr. 126.

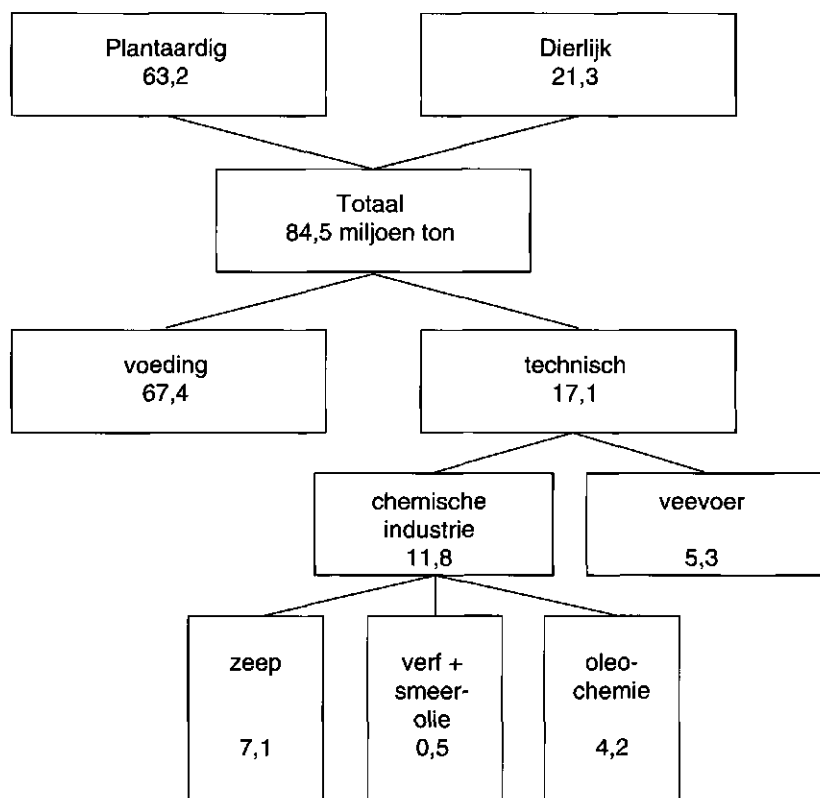
# Leveren nieuwe olieproducerende gewassen wonderolie voor de akkerbouw?

ir. G.E.L. Borm en ing. N. van Dijk

## Inleiding

De wereldwijde produktie van oliën en vetten in de landbouw bedraagt op jaarbasis circa 85 miljoen ton. Het gaat hierbij om echte oliën en vetten (triglyceriden) en niet om etherische oliën. Ongeveer een kwart van de wereldproduktie is van dierlijke en driekwart van plantaardige oorsprong (zie figuur 1). De be-

langrijkste olieproducerende gewassen zijn soya en palm, op afstand gevolgd door zonnebloem en koolzaad. Circa 80 procent van de totale produktie aan oliën en vetten wordt voor menselijke consumptie gebruikt. Van het restant gaat ongeveer 30 procent naar de veevoederindustrie en 70 procent naar de chemische industrie. De non-food toepassingen bedragen hiermee nog geen 15 procent van de totale produktie. De zeepindustrie neemt hiervan circa 60 procent af en de oleochemische industrie 35 procent. Het restant



**Fig. 1.** Wereldwijde produktie en verbruik van oliën en vetten uit de landbouw in 1992/1993 (bron: Unichema).

(0,5 miljoen ton) dient als grondstof voor verf en smeerolie.

De oleochemische industrie gebruikt met name bij- en restprodukten van de voedselbranche. Na het splitsen van vetzuren en glycerine kunnen met diverse chemische processen allerlei halffabrikaten worden gemaakt die in een groot aantal eindprodukten voorkomen, variërend van wasmiddelen tot smeerolie en van cosmetica tot vernis (Van der Meer, 1990).

Jaarlijks bedraagt het verbruik aan smeermiddelen alleen al in west-Europa 5,2 miljoen ton. Zoals uit figuur 1 kan worden opgemaakt, is het aandeel hierin van de door de landbouw voortgebrachte oliën en vetten gering.

Op dit moment wordt 80-90 procent van de grondstoffen door de Europese oleochemische industrie geïmporteerd, vooral uit tropische landen. De prijs en beschikbaarheid hangen samen met de soms wisselvallige politieke en klimatologische omstandigheden. Een grotere beschikbaarheid van grondstoffen, die in Europa worden geproduceerd, is in principe dan ook gewenst. Men heeft met name behoefte aan grondstoffen die door een beter passende vetzuursamenstelling minder kosten vergen om de gewenste vetzuren te verkrijgen of minder afvalstoffen opleveren. Voor het kunnen maken van nieuwe produkten heeft men ook belangstelling voor olie met specifieke eigenschappen (De Bruyn, 1991; Van der Meer, 1990).

Het CPRO inventariseert sinds de tweede helft van de tachtiger jaren het landbouwkundig perspectief van onder andere nieuwe olieproducerende gewassen. Dit werd gekoppeld aan de verwachte belangstelling bij de verwerkende industrie voor de door deze soorten geproduceerde olie (De Meijer e.a., 1988; Van Soest e.a., 1990).

Aan de geselecteerde gewassen crambe, beker-goudsbloem en akkermoerasbloem wordt in het kader van een door de EG medegefinancierd onderzoeksproject (VOICI, Vegetable Oils for Innovation in Chemical Industries) door de DLO-instituten CPRO, AB (voormalig CABO) en ATO en het PAGV in de periode 1991-1994 onderzoek uitgevoerd. Daarnaast

vindt door CEBECO en VNK veredelingsonderzoek en zaadvermeerdering plaats. Twee bedrijven (Gerdoc, Bluetec) voeren onderzoek uit naar de winning van de olie en vetzuren en de verwerkingsbedrijven Unichema, Wenzel und Weidman, BASF en Gatefossé beproeven de olie.

Aansluitend op het VOICI-project is met steun van de nationale overheid een Nationaal Olie-Programma (NOP) gestart. De overheidsonderzoekinstellingen die bij het VOICI-programma betrokken zijn, nemen hieraan deel en daarnaast ook de DLO-instituten IPO, IMAG, RIKILT, ID, (voormalig IVVO) en LEI. Door laatstvermelde instellingen wordt in het kader van dit programma ook onderzoek verricht aan crambe, beker-goudsbloem en akkermoerasbloem en, net zoals de instellingen die bij het VOICI-project betrokken zijn, aan goudsbloem, euphorbia en koriander. Dit onderzoeksproject werd in de periode 1990-1993 uitgevoerd.

Zowel bij het VOICI- als NOP-project had het PAGV de taak de teelt van de verschillende gewassen te optimaliseren. De belangrijkste aandachtspunten hierbij waren de onkruid- en ziektebestrijding, de gewasstructuur en stikstofbemesting.

Een overzicht van de geselecteerde in onderzoek zijnde gewassen met het gebied van herkomst, karakterisering van de olie en de mogelijke toepassingen is weergegeven in tabel 2.

Crambe zou een grondstoffenleverancier van erucazuur kunnen worden. De Europese oleochemische industrie gebruikt jaarlijks circa 15.000 ton erucazuur. Tot nu toe is dat afkomstig van erucazuurrijk koolzaad uit de voormalige oostbloklanden. Het hogere gehalte aan erucazuur in crambe-olie (55-60%) t.o.v. dat van erucazuurrijk koolzaad (circa 45%) maakt crambe aantrekkelijker voor de verwerkende industrie (De Bruyn, 1991).

Als uitvloeisel van het VOICI-project zou voor CEBECO in de jaren 1992, 1993, 1994 circa 300 ha crambe in Nederland worden geteeld. De olie hiervan zou worden verwerkt door Unichema. Dit demoproject, dat door de Ne-

**Tabel 2.** Overzicht gewassen, herkomst, olietype, doelvetzuur en toepassingen.

---

**Crambe abyssinica** (crambe)

herkomst	Middellandse zeegebied, Ethiopië
olietype	langketenig
doelvetzuur	erucazuur (C22:1)
toepassing	erucamiden, smeerolie, hydrolische olie

**Dimorphotheca pluvialis** (bekergoudsbloem)

herkomst	zuidelijk Afrika
olietype	geconjugeerde bindingen met hydroxygroep
doelvetzuur	dimorphocolzuur
toepassing	coatings, nylon, schuimplastic

**Limnanthes alba** (akkermoerasbloem)

herkomst	noord-westen Verenigde Staten
olietype	langketenig
doelvetzuren	gadoleine- (C20:1), eruca- (C22:1), erucinezuur (C22:2)
toepassing	cosmetica, smeermiddelen, reinigingsmiddelen

**Calendula officinalis** (goudsbloem)

herkomst	Middellandse Zeegebied
olietype	geconjugeerd onverzadigd
doelvetzuur	calendulazuur
toepassing	coatings, kunststoffen, cosmetica

**Euphorbia lagascae** (euphorbia)

herkomst	zuid-oost Spanje
olietype	epoxy
doelvetzuur	vernolzuur
toepassing	coatings, smeermiddelen, kunststoffen

**Coriandrum sativum** (koriander)

herkomst	Middellandse zeegebied, Kaukasus
olietype	isomeer oliezuur
doelvetzuur	petroselinezuur (C18:1)
toepassing	wasmiddelen, cosmetica

---

derlandse overheid werd gesteund met 2 miljoen gulden, diende vooral om ervaring op te doen met de teelt, de oliewinning en verwerking op wat grotere schaal. Helaas wordt het demoproject in 1994 door te geringe rentabiliteit niet voortgezet.

Het areaal crambe in de Verenigde Staten (met name Noord-Dakota) breidt de laatste jaren uit. Het areaal bedroeg in 1993 24.000 ha (White, 1993).

Van het gewas akkermoerasbloem, dat enige tijd in het noord-westen van de Verenigde Staten werd geteeld, vond in 1993 in de staat Oregon weer een teelt van enige omvang

(400 ha) plaats (mond. med. Hof, CPRO-DLO).

Teelt op praktijkschaal van de overige gewassen voor olieproductie gebeurt nog niet. Dit is terug te voeren tot een situatie als die van de kip en het ei. De landbouw heeft nog niet duidelijk aangetoond wat ze kan produceren tegen welke prijs en de olechemische industrie heeft tot voor kort niet gespecificeerd aangegeven waarin men geïnteresseerd is tegen welke prijs. De omvang van de potentiële markt en het bijbehorende prijsniveau is in het kader van het NOP-programma door het LEI verkend.

# Productie

Wegens het gevaar van uitvriezen kunnen de meeste gewassen niet voor april worden gezaaid. Een uitzondering hierbij is akkermoerasbloem dat enkele graden vorst kan doorstaan. De groeiperiode van de meeste gewassen is circa vier maanden. De ontwikkeling van de gewassen is in tabel 3 kort weergegeven.

De ervaring met de in onderzoek zijnde nieuwe gewassen is nog beperkt. Toch kan er al wel een beeld worden gegeven van de productie aan zaad, olie en vetzuren die momenteel mogelijk is en die over circa 10 jaar mag worden verwacht indien de onderzoeksinspanning minimaal op het huidige niveau gehandhaafd blijft (zie tabel 4).

De actuele zaadproductie van crambe en koriander ligt al op een behoorlijk niveau, die van bekergoudsbloem en akkermoerasbloem op een laag en die van goudsbloem en euphorbia op een intermediair niveau. Ten opzichte van granen is de variatie in opbrengst van een ras/herkomst met name tussen de jaren groot. De weersomstandigheden tijdens bloei, zaadvulling en afrijping beïnvloeden in belangrijke mate de hoogte van de geogste zaadopbrengst. Het gehalte aan olie en doelvetzuur is veel stabielier dan de zaadopbrengst.

De oliegehaltes liggen vooral bij euphorbia en crambe op een hoog niveau. Dit is eveneens het geval met het gehalte aan het doelvetzuur bij met name akkermoerasbloem en koriander.

De olie-opbrengst per ha is bij crambe behoorlijk hoog, bij euphorbia en koriander ma-



Bekergoudsbloem aan het begin van de bloei.

tig en bij goudsbloem en vooral bij akkermoerasbloem en bekergoudsbloem zeer laag.

De opbrengst van het doelvetzuur is opnieuw bij crambe en ook bij koriander en euphorbia op een redelijk niveau maar bij goudsbloem, akkermoerasbloem en vooral bekergoudsbloem nog zeer laag.

De verwachting bestaat dat met name door

Tabel 3. Verloop ontwikkeling gewassen.

	opkomst	begin bloei	begin zaadrijp	oogstrijp
crambe	half april	eind juni	half juli	half aug.
bekergoudsbl.	half april	eind juni	eind juli	eind aug.
akkermoerasbl.	begin april	begin juni	eind juni	half juli
goudsbloem	half april	half juni	begin juli	half aug.
euphorbia	half april	half juni	half juli	eind aug.
koriander	eind april	half juni	begin aug.	eind aug.

**Tabel 4.** Productie zaad, olie en doelvetzuur nu en in de toekomst.

	actueel*	potentieel*#
<b>crambe</b>		
zaad~ (kg/ha)	2.500	3.250
oliegehalte (%)	36	40
doelvetzuurgeh. (%)	55	60
olieopbrengst (kg/ha)	900	1.300
doelvetz.opbr.(kg/ha)	495	780
<b>bekergoudsbloem</b>		
zaad (kg/ha)	500	1.500
oliegehalte (%)	20	30
doelvetzuurgeh. (%)	60	65
olieopbrengst (kg/ha)	100	450
doelvetz.opbr.(kg/ha)	60	290
<b>akkermoerasbloem</b>		
zaad (kg/ha)	500	1.250
oliegehalte (%)	25	30
doelvetzurengelh. (%)	90	95
olieopbrengst (kg/ha)	125	375
doelvetz.opbr.(kg/ha)	110	360
<b>goudsbloem</b>		
zaad (kg/ha)	1.500	2.500
oliegehalte (%)	17	25
doelvetzuurgeh. (%)	52,5	60
olieopbrengst (kg/ha)	260	625
doelvetz.opbr.(kg/ha)	130	375
<b>euphorbia</b>		
zaad (kg/ha)	1.250	2.000
oliegehalte (%)	50	52
doelvetzuurgeh. (%)	60	65
olieopbrengst (kg/ha)	630	1.040
doelvetz.opbr.(kg/ha)	380	675
<b>koriander</b>		
zaad (kg/ha)	2.250	3.000
oliegehalte (%)	25	30
doelvetzuurgeh. (%)	80	85
olieopbrengst (kg/ha)	560	900
doelvetz.opbr.(kg/ha)	420	765

\* exclusief zaadverlies

# verwachting over circa 10 jaar bij intensieve voortgang onderzoek

~ inclusief houwwand

verbetering van het uitgangsmateriaal (onder andere synchronisatie bloei en afrijping, zaadvastheid) en teelttechniek op een vrij korte termijn een aanmerkelijk verhoging van de zaadopbrengst te realiseren valt. Daarnaast

lijkt, gezien de beschikbare genetische variatie, een beduidende verhoging van het oliegehalte en het gehalte van het doelvetzuur bereikbaar. Het verlengen van het groeiseizoen van het materiaal lijkt met uitzondering



van akkermoerasbloem geen goede weg om tot produktieverhoging te komen, omdat de oogst van het zaad dan onder minder gunstige weersomstandigheden moet plaatsvinden (zie tabel 3).

Ondanks de goede produktiemogelijkheden van het gewas koriander is tijdens het NOP-project besloten om, gezien de zeer geringe belangstelling van de verwerkende industrie voor petroselinezuur, aan dit gewas slechts een geringe onderzoeksprioriteit toe te kennen.

## Teeltknelpunten

Bij de start van de onderzoeksprojecten was er slechts zeer summiere op Nederland afgestemde informatie over de wijze waarop de teelt van de gewassen dient te worden uitgevoerd (De Meijer en Doorgeest, 1989). In de afgelopen periode werd met name vanuit het teeltonderzoek veel informatie verzameld. Gezien de beperkte omvang van de projecten en het grote aantal gewassen berust een belangrijk deel van de informatie op slechts een gering aantal proefjaren en/of proeflokaties.

## Onkruidbestrijding

Een eerste vereiste voor een succesvolle teelt is dat het gewas zonder al te sterke onkruidconcurrentie kan opgroeien en kan worden geoogst. Om een idee te krijgen welke herbiciden in principe inzetbaar zijn, werd gedurende drie jaar zowel op zand- als kleigrond screeningsonderzoek uitgevoerd. Voor een groot aantal herbiciden, dat tussen zaai en opkomst of na opkomst werd gespoten, werd vastgesteld in wat voor mate deze fytotoxische reacties bij de gewassen veroorzaaken. Een behoorlijk groot aantal herbiciden lijkt in principe bruikbaar voor toepassing tussen zaai en opkomst. Voor toepassing na opkomst kon een geringer aantal herbiciden worden geselecteerd; met name bij akkermoerasbloem bestaan hiervoor nauwelijks mogelijkheden.

Aansluitend werd alleen voor het gewas crambe in 1993 zowel op klei als zand het effect van de toepassing van een aantal herbiciden op de zaadopbrengst vastgesteld. De resultaten op zand zijn in tabel 5 vermeld.

**Tabel 5.** Zaadopbrengst crambe (9% vocht) in kg per ha en score\* van schade na gebruik van verschillende onkruidbestrijdingsmiddelen op zandgrond in 1993.

werkzame stof# ( )	stadium	eerste score	eind-score	zaadopbrengst (kg/ha)
onbehandeld		5	5	1625
voor opkomst				
pendimethalin (1,6)		5	5	1660
propachloor (4)		5	5	1565
metobromuron (1)		5	5	1580
monolinuron (0,5)		5	5	1655
chloorprofam (1,6)		5	5	1570
metazachloor (1,25)		5	5	1740
methabenzthiazuron (2,1)		4	5	1675
pendime/propach. (0,48/1,6)		5	5	1730
na opkomst				
monolinuron (0,5)	2-4 bl	3	3	1405
cycloxydim (0,3)	6-10	5	5	1560
desmethryn (0,25)	2-4	3	4	1455
pyridaat (0,9)	4-6	4	3	1480
pendime/propachl. (0,24/1,6)	2-4	4	5	1440

# gebruikte middelen in de teelt van crambe niet toegelaten

( ) hoeveelheid actieve stof (kg/L) per ha

\* 1 = veel schade, 5 = geen/weinig schade aan het gewas, eerste score bij toepassing voor-opkomst middelen op 20 mei, bij na opkomst middelen één week na toepassing, eindscore op 20 juni

Een aantal middelen gaf in deze proef na toepassing wel schade, maar dit was bij de eindbeoordeling voor het grootste deel hersteld.

Een groot probleem is dat er bij geen van de gewassen toelatingsen zijn voor de toepassing van herbiciden.

Hierop anticiperend werden de mogelijkheden van mechanische onkruidbestrijding verkend. Dit gebeurde door het inzetten van enkele werktuigen (onder andere eg, schoffel) in verschillende gewasstadia. Daarnaast werden bij enkele gewassen de effecten van het verruimen van de rijenafstand onderzocht. Een voorlopig beeld van de mogelijkheden van mechanische onkruidbestrijding geeft tabel 6.

De concurrentiekracht van crambe ten opzichte van onkruid is vooral na het schieten van het gewas groot. Ook bij de gewassen koriander, bekergoudsbloem en goudsbloem is deze aanzienlijk. Bij euphorbia is dit minder en bij akkermoerasbloem is deze de gehele groeiperiode gering.

Eggen voor of tijdens opkomst veroorzaakte bij akkermoerasbloem en goudsbloem een dermate sterke plantuitval dat deze niet meer volledig in het verdere groeiverloop kon worden compenseerd. Bij de andere gewassen trad een geringere plantuitval op of werd deze wel gecompenseerd.

Gezien de geringe gewasontwikkeling van akkermoerasbloem kan dit gewas niet op een rijenafstand van 25 cm worden geteeld; hiermee vervallen de mogelijkheden van schoffelen in dit gewas.

Het vergroten van de rijenafstand van 25 naar 37,5 cm had bij crambe in 1993 geen invloed op de zaadopbrengst. Werde de rijenafstand verder vergroot naar 50 cm dan daalde de zaadopbrengst met respectievelijk 4 (zand) en 10 (klei) procent. Bij euphorbia en goudsbloem zijn in 1990 resp. 1992 geen nadelige effecten op het zaadopbrengstniveau gevonden van het vergroten van de rijenafstand tot 37,5 respectievelijk 50 cm. Ook bij bekergoudsbloem leidde een rijenafstand van 50 cm in 1993 niet tot een daling van de zaadopbrengst ten opzichte van 25 cm.

Met uitzondering van het gewas akkermoerasbloem lijkt het perspectief voor mechanische onkruidbestrijding vrij gunstig.

### Laag produktieniveau / grote opbrengstvariatie

Zoals reeds bij produktie is opgemerkt, ligt het actuele opbrengstniveau van met name de gewassen akkermoerasbloem en bekergoudsbloem laag. Voor het gewas bekergoudsbloem is dat niet zo verwonderlijk omdat het nog een echt wild gewas betreft. Aan akkermoerasbloem echter is al enkele decennia met name in het westen van de Verenigde Staten onderzoek uitgevoerd (Jolliff, 1981).

In proeven werd onderzocht in hoeverre zaai in de nazomer/herfst, zoals ook in Oregon gebeurt (Calhoun en Crane, 1978), een sterkere gewasontwikkeling geeft en daarmee samenhangend een hogere zaadopbrengst. Een beperkende factor hierbij is dat bij akker-

**Tabel 6.** Concurrentiekracht gewas en mogelijkheden mechanische onkruidbestrijding.

	crambe	bekergoudsbloem	akkermoerasbloem	goudsbloem	euphorbia	koriander
concurrentiekracht gewas	+	+	-	+	±	+
mogelijkheid:						
eggen	+	+	±	±	+	+
schoffelen 25 cm	+	+	-	+	+	+
schoffelen 50 cm	±	+	-	+	(±)	(±)

- = gering, ± = matig, + = groot, ( ) = inschatting



Akkermoerasbloem.

moerasbloem secundaire kiemrust optreedt als de temperatuur hoger is dan 15°C (Toy en Willingham, 1967), waardoor niet te vroeg in de nazomer kan worden gezaaid.

In de zeer zachte winter 1988/1989 was de zaadopbrengst bij najaarszaai aanzienlijk hoger (2.240 kg per ha) dan bij voorjaarszaai (830 kg per ha) (Wingelaar, 1990). In de winter van 1990/1991 met een kale vorstperiode begin februari vroor op het PAGV-proefbedrijf 60-70 procent van de planten uit, waardoor de zaadopbrengst van de in de herfst gezaaide gewassen slechts circa de helft (255-330 kg per ha) was van de in het voorjaar gezaaide goed ontwikkelde gewassen (520-570 kg per ha). Ook in de winter van 1992/1993 trad aanzienlijke uitwintering op (mond. med. Hof, CPRO-DLO).

Het verbeteren van het produktieniveau van akkermoerasbloem door middel van najaarszaai lijkt met het huidig beschikbaar materiaal in Centraal- en Noord-Nederland zeer en in Zuid-Nederland enigszins riskant.

De hierboven vermelde opbrengsten geven een goed beeld van de opbrengstvariabiliteit van het gewas (ras Foamore). Dit werd ook gevonden in Oregon (Franz e.a., 1992); de opbrengsten varieerden in de periode 1975-

1990 tussen 788 en 1852 kg per ha (ras Mermaid). Er werd in deze Amerikaanse proeven een positieve correlatie ( $r = 0,74$ ) gevonden tussen de hoogte van de zaadopbrengst en het voorkomen van maximumtemperaturen boven 24 °C tijdens het begin van de bloei.

Het sterke effect van milieuomstandigheden tijdens de bloei, zaadvulling en afrijping op de zaadopbrengst bij akkermoerasbloem maar ook bij de andere nieuwe olieproducerende gewassen is terug te voeren tot fysiologische processen en/of tot meer indirecte effecten als bestuiving, het optreden van ziekten en zaadverliezen. Het verbeteren van de opbrengststabiliteit zal bij de meeste gewassen nog een langdurige en omvangrijke inspanning vergen. Met name het veredelingsonderzoek zal hierbij een belangrijke rol dienen te spelen.

### Gewasstructuur

Het zaaitijdstip, de zaaizaadhoeveelheid en de rijenafstand kunnen de gewasstructuur en hiermee de zaadopbrengst en kwaliteit in belangrijke mate beïnvloeden. De effecten van deze teeltmaatregelen waren nog niet of nauwelijks vastgesteld. Ter illustratie kan een proef

op klei met goudsbloem worden vermeld die op 23 april en 14 mei 1992 werd gezaaid op een rijenafstand van 25 en 50 cm en met zaaizaadhoeveelheden van 5, 10 en 15 kg per ha. De effecten van de zaaitijd en de rijenafstand op de opbrengst van het doelvetzuur waren niet significant, zodat hier alleen de effecten van de zaaizaadhoeveelheid worden vermeld (zie tabel 7).

De geoogste hoeveelheid zaad bleef bij 5 kg zaaizaad per ha betrouwbaar achter ten op-

zichte van de grotere zaaizaadhoeveelheid. Het verschil tussen 10 en 15 kg zaaizaad per ha was minimaal. Het oliegehalte was wel wat hoger bij 15 kg zaaizaad dan bij 10 kg. Mede daardoor was olie- en vetzuuropbrengst bij de hoogste zaaizaadhoeveelheid hoger dan bij 10 kg zaaizaad.

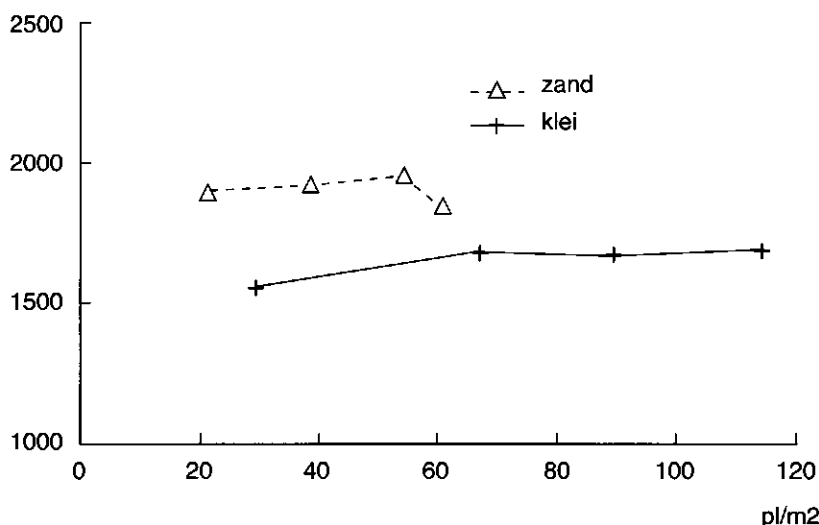
Bij crambe werd in 1993 zowel op klei als zand een vrij geringe respons van de plantdichtheid op de zaadopbrengst gevonden (zie figuur 2).

**Tabel 7.** Effect van zaaizaadhoeveelheid op goudsbloem in 1992 op klei.

	zaaizaadhoeveelheid (kg/ha)		
	5	10	15
planten/m <sup>2</sup>	25	43	60
geoogste zaadopbrengst* (kg/ha)	2.250	2.400	2.450
zaadverliezen# (kg/ha)	660	602	683
totale zaadopbrengst* (kg/ha)	2.910	3.000	3.140
oogstindex# (%)	46,0	44,4	45,2
duizendkorrelgewicht* (g)	9,23	9,24	8,85
oliegehalte zaad* (%)	14,9	15,4	16,2
olieopbrengst geoogst (kg/ha)	336	368	398
calendulazuurgeh. in olie (%)	52,5	53,1	53,3
calendulaz.opbr. geoogst (kg/ha)	176	195	212

\* vochtgehalte zaad 9%, # luchtdroog

zaadopbrengst kg/ha



**Fig. 2.** Invloed plantdichtheid op zaadopbrengst crambe op klei en zand in 1993.

Bij euphorbia werd in 1990 en 1991 een daling van de zaadopbrengst gevonden naarmate later werd gezaaid. In 1990 hing dit in belangrijke mate samen met een sterker optreden van schimmelziekten in de zaadvulningsfase bij latere zaai. Verhoging van de zaaizaadhoeveelheid boven 10 kg per ha leidde tot een daling van de zaadopbrengst. Bij bekeroudsbloem werd in 1993 op klei een veel grotere zaadopbrengst gevonden bij een vroege zaai dan bij late zaai, maar op zandgrond was er nauwelijks verschil tussen de twee zaaitijden. De uiteenlopende resultaten lijken samen te hangen met weersverschillen tussen de twee gebieden. De effecten van de rijenafstand en zaaizaadhoeveelheid waren bij dit gewas wisselvallig. De effecten van de rijenafstand op de zaadopbrengst van de gewassen crambe en euphorbia zijn al onder de mechanische onkruidbestrijding vermeld.

### Stikstofbemesting

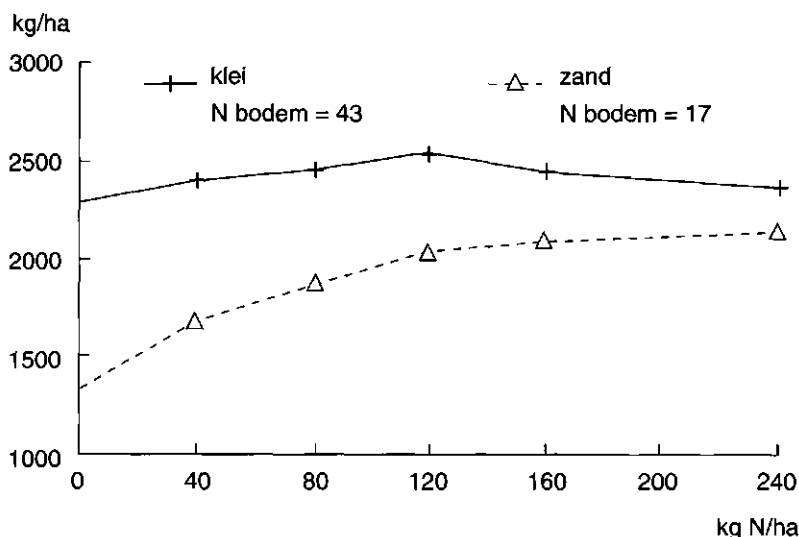
De hoogte van de stikstofbemesting beïnvloedt in belangrijke mate het niveau van de zaadopbrengst en het oliegehalte bij koolzaad (Kullmann, 1989; Tribol-Blondel, 1989).

In hoeverre dit ook bij de nieuwe olieproducerende gewassen het geval is, is voor crambe en bekeroudsbloem in 1993 onderzocht. De invloed van de hoogte van de stikstofbemesting op de zaadopbrengst (op klei en zand) is voor crambe in figuur 3 en voor bekeroudsbloem in figuur 4 weergegeven.

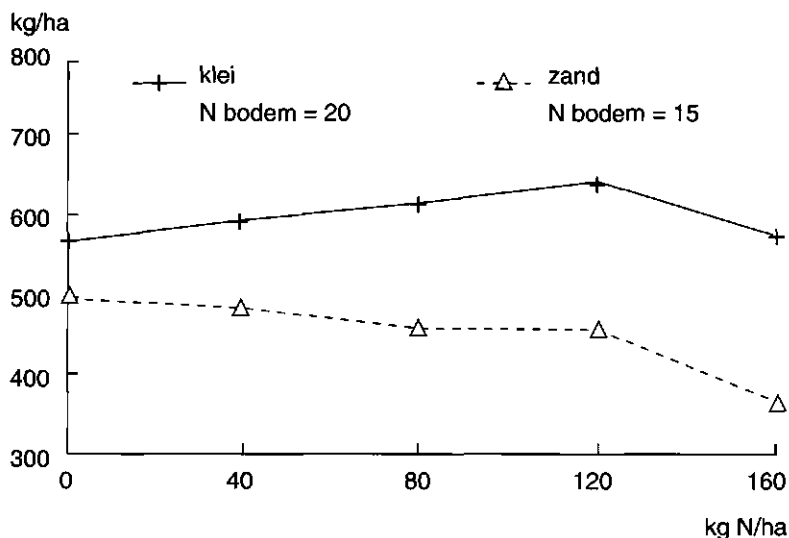
Bij crambe nam op de zandlokatie de zaadopbrengst tot een stikstofgift van 120 kg betrouwbaar toe. Een verdere verhoging van de stikstofgift leidde niet tot een betrouwbare verhoging van de zaadopbrengst. Op de zware klei was de invloed van de stikstofbemesting bij dit gewas veel geringer. Bij bekeroudsbloem nam de zaadopbrengst op klei bij een stijgende stikstofgift aanvankelijk toe, terwijl er op zandgrond meteen een geleidelijke afname was. Voor harde conclusies is verder onderzoek nodig. Bij de overige gewassen is nog geen bemestingsonderzoek uitgevoerd.

### Ziekten

De nieuwe olieproducerende gewassen worden nog slechts op zeer geringe schaal in Nederland geteeld. Desondanks werden bij



**Fig. 3.** Invloed hoogte stikstofbemesting op de zaadopbrengst crambe op klei en zand in 1993.



**Fig. 4.** Invloed hoogte stikstofbemesting op zaadopbrengst bekeergoudsbloem op klei en zand in 1993.

nagenoeg alle gewassen in meer of mindere mate schimmelziekten gesignaleerd, met name *Sclerotinia* en *Botrytis*. In 1990 was bij late zaai van euphorbia de *Botrytis*-aantasting ernstig; in 1992 werden veel rattekeutels van *Sclerotinia* in crambe gevonden. In 1993 werden bij crambe de effecten van schimmelbestrijding onderzocht. Het effect op de zaadopbrengst is in tabel 8 vermeld.

Een bespuiting tijdens de afrijpingsfase had een geringer effect dan eerdere bespuitingen bij de bloei. Een bespuiting aan het einde van de bloei lijkt het meest effectief. Zelfs in de vier maal bespoten objecten was bij de oogst

nog een flink deel van de planten door *Sclerotinia* en *Botrytis* aangetast. Naarmate het gewas sterker was aangetast, was de zaadopbrengst lager.

Bij euphorbia gaf herhaalde schimmelbestrijding in 1991 bij een geringe schimmelaantasting een betrouwbare opbrengstverhoging.

Bij de overige gewassen werd nog geen onderzoek uitgevoerd naar de effecten van schimmelbestrijding.

### Oogsttijdstip/verliezen/kwaliteit

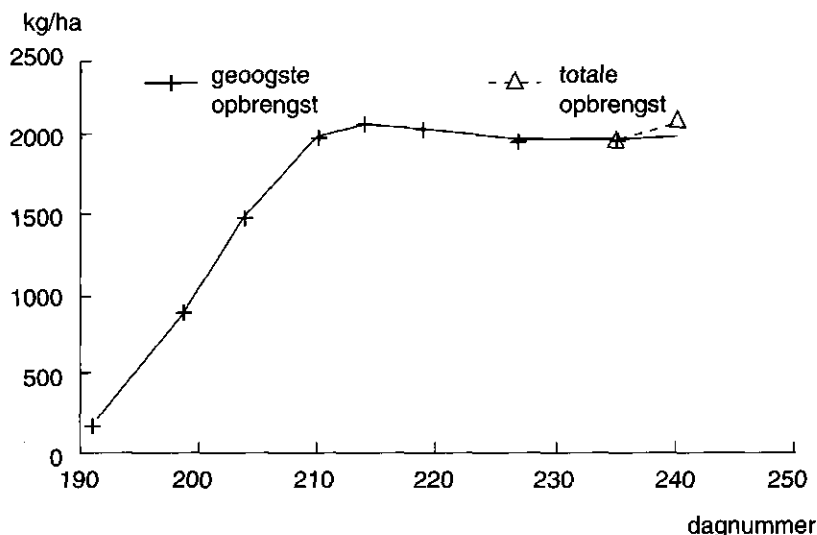
Uitgangspunt voor de oogst bij nieuwe olieproducerende gewassen is dat dit met be-

**Tabel 8.** Invloed schimmelbestrijding op zaadopbrengst crambe in 1993 op klei.

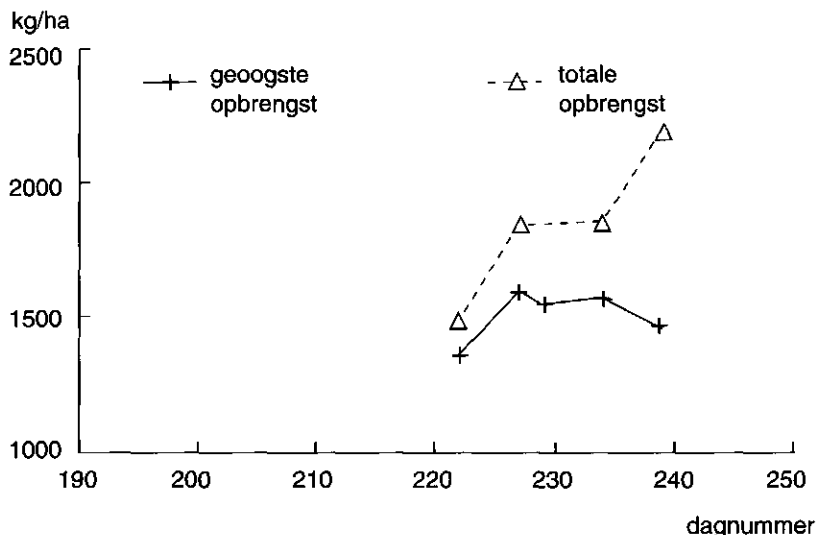
schimmelbestrijding#	zaadopbrengst* (kg/ha)
onbehandeld	1.200
begin bloei	1.410
volle bloei	1.520
einde bloei	1.720
afrijping	1.280
vier maal	1.990

# = geen middelen toegelaten

\* = vochtgehalte 9 %



a.



b.

**Fig. 5.** Verloop geoogste en totale zaadopbrengst bij crambe in 1991 (a) en euphorbia in 1990 (b)

staande apparatuur dient te gebeuren. Veelal zal dit de maaidorser zijn. Speciaal te ontwikkelen oogstapparatuur zou waarschijnlijk onevenredig hoge oogstkosten met zich mee brengen.

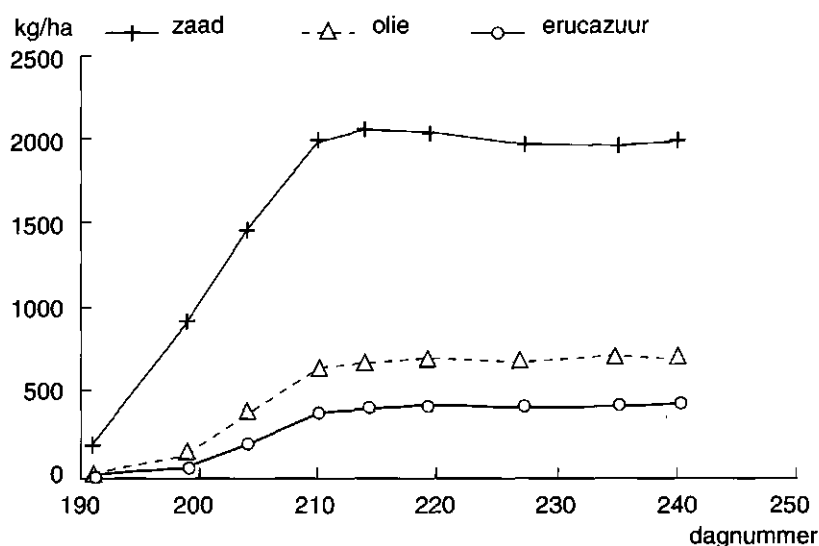
De nieuwe olieproducerende gewassen zijn voor een deel nog echt wilde gewassen. Dit uit zich onder andere in een niet synchroon verlopen van de bloei en een beperkte zaad-

vastheid hetgeen problemen ten aanzien van de oogst tot gevolg heeft. De gewassen crambe en koriander zijn wat deze eigenschappen betreft al vrij goed gedomesticeerd; bij euphorbia is hiervan nauwelijks sprake. De gewassen akkermoerasbloem, beker-goudsbloem en goudsbloem nemen een tussenliggende positie in.

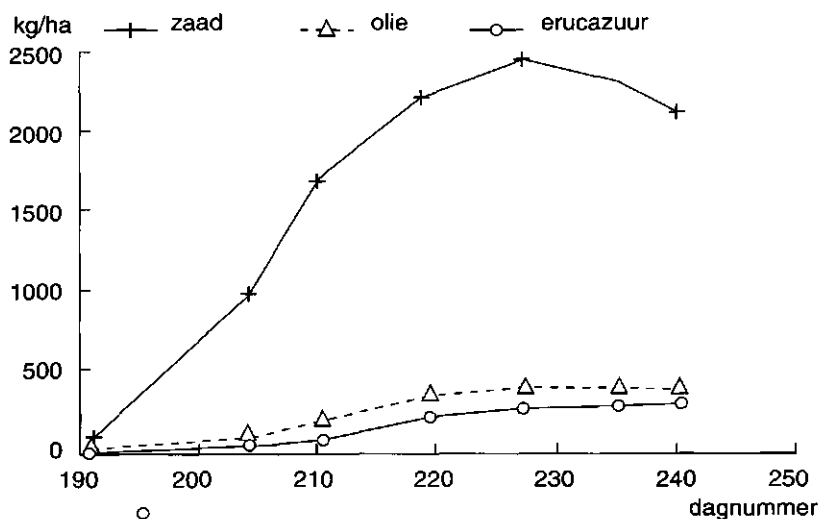
Bij het gewas crambe ontstaan pas zaadver-

liezen als het gewas al nagenoeg rijp is. Zonder dat de zaadverliezen onacceptabele vormen aannemen, kan er worden gewacht met de oogst totdat het gewas dorsrijp is. Bij de teelt van euphorbia ontstaat de situatie dat de toename van de zaadverliezen de verdere verhoging van de zaadopbrengst overtreft (zie figuur 5). Dit treedt op op een moment dat het gewas nog niet dorsbaar is. Het stimuleren van de dorsbaarheid, bijvoorbeeld door middel van zwadmaaien, leidt tot onac-

ceptabel hoge zaadverliezen. Het vroegtijdig scheiden van de zaden/doosvruchten van de natte stengels met behulp van een dorsunit van viners, die bij de oogst van doperwten worden gebruikt, bleek mogelijk. De hoeveelheid kunstmatig te drogen massa kan hiermee aanmerkelijk worden beperkt. Niet alleen de hoogte van de zaadopbrengst maar ook het verloop van het olie- en vetzuurgehalte kan van invloed zijn op het optimale oogstmoment (zie figuur 6).



a.



b.

**Fig. 6.** Verloop opbrengst zaad, olie en doelvetzuur bij crambe (a) en goudsbloem (b) in 1991.



Bij crambe is het olie- en erucazuurgehalte op een maximum-niveau wanneer ook de zaadopbrengst het hoogst is. Bij goudsbloem blijft het olie- en calendulazuurgehalte wat langer toenemen, zodat het hoogste niveau van de olie- en vetzuuropbrengst op een later tijdstip wordt bereikt dan dat van de zaadopbrengst. Indien op olie- of vetzuuropbrengst zou worden uitbetaald, zou het oogstmoment hierdoor wat later kunnen vallen dan het moment dat de hoogste zaadopbrengst wordt bereikt.

## Rol in het bouwplan

Zoals in het vorig gedeelte onder 'schimmelbestrijding' al is opgemerkt, is het zeker niet zo dat de nieuwe olieproducerende gewassen vrij zijn van ziekten en plagen. Een voorlopig overzicht van de ziekten en plagen die door deze gewassen al dan niet worden vermeerderd is gegeven in tabel 9.

Als gevolg van de sterke vermeerdering van *Verticillium* door crambe is dit gewas geen gunstige voorvrucht voor aardappelen. Gezien de matige vermeerdering van het biete-

cystenaaltje (*Hederodera schachtii*) in laboratoriumproeven verdient het gewas geen plaats in een bouwplan met een hoog aandeel bieten. Bij beker-goudsbloem en euphorbia springen met name de sterke vermeerdering van het maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*) in het oog. Op grond hiervan lijkt de teelt van deze gewassen op zandgrond niet zonder risico.

Indien men voor de oogst van euphorbia gebruik wil maken van viners, die bij de oogst van doperwten en tuinbonen worden gebruikt, betekent dat een verlenging van het werkseizoen voor deze machines. Dit zou de oogstkosten kunnen drukken. De bestaande viners moeten nog wel worden aangepast om de invoer van het euphorbiagewas te verbeteren (mond. med. Breemhaar, IMAG-DLO). Tevens dient voldoende droogcapaciteit beschikbaar te zijn om de natte zaden te drogen of de zaden moeten meteen geperst kunnen worden.

Een positief puntje van de gewassen akkermoerasbloem en crambe is dat het uitstekende drachtplanten zijn voor bijen.

Bij de meeste nieuwe olieproducerende gewassen treedt voor en tijdens de oogst zaadverlies op. Om opslag in volggewassen zo-

**Tabel 9.** Vermeerdering van / waardplant voor enkele ziekten en plagen in veld (bron: IPO-DLO, CPRO-DLO, PAGV).

	Rhizoctonia solani	Sclerotinia sclerotiorum	Verticillium dahliae	Hederodera schachtii	Meloidogyne hapla	Meloidogyne chitwoodi	Pratylenchus penetrans
crambe	*	+	+	(±)	?	-	*
bekergoudsbloem	*	(±)	±	-	?	+	*
akkermoerasbloem	*	(±)	(±)	-			
goudsbloem		(±)	(±)	-	(+)	(+)	
euphorbia	*	(±)	±	-	?	+	*
koriander		(±)	(±)	-			

- = geen of weinig, ± = matige, + = sterke vermeerdering  
\* = waardplant geen gegevens over vermeerdering, ( ) = inschatting  
? = nog onduidelijk, niets vermeld = geen gegevens



Zaadhoofdje van goudsbloem.

veel mogelijk te voorkomen is het van belang zoveel mogelijk van dit zaad na de oogst te laten kiemen. Een diepe grondbewerking waarbij het nog niet gekiemde zaad wordt geconserveerd, moet worden ontraden. Eventuele opslagplanten kunnen goed worden bestreden in monocotylen.

## Gewassaldo

Voor de meeste nieuwe olieproducerende gewassen bestaat nog geen duidelijk beeld over de prijs van het zaad. De prijs van akkermoerasbloemolie daalde als gevolg van een oververzadigde markt in de tweede helft van de tachtiger jaren in Oregon sterk van 8 \$ per kg in 1986 naar ruim 2,5 \$ in 1990 (mond.

med. Jolliff, USDA-OSU). Voor 1993 geldt een prijs van 5 \$ per kg olie (mond. med. Hof, CPRO-DLO).

Uitgaande van een actuele olie-opbrengst van 125 kg olie per ha (zie tabel 4) betekent dit een geldopbrengst uit de markt van 625 \$ per ha voor teelt en verwerkingskosten. Uitgaande van een dollarkoers van circa 2 gulden betekent dat circa 1250 gulden per ha. Het zal duidelijk zijn dat (afhankelijk van de verwerkingskosten en de opbrengsten van het schroot) er een forse subsidie zal moeten worden gegeven op de teelt van dit gewas om de concurrentie met bestaande gewassen aan te kunnen.

De prijs van erucazuurrijke olie van koolzaad bedraagt 80-90 ct per kg; die van crambe-olie bedraagt in de VS 1,30-1,40 gulden per kg (mond. med. Capelle, CEBECO). Doordat bij het demoproject crambe gebleken is dat Unichema bij crambeolie ten opzichte van koolzaadolie een extra procesgang nodig heeft om een ongewenst vetzuur te verwijderen, wordt geen bonus betaald voor het hogere erucazuurgehalte in de crambe-olie en geldt ook een prijs van 80-90 cent per kg olie (mond. med. Capelle, CEBECO).

Een benadering van het gewassaldo voor het gewas crambe is in tabel 10 vermeld. De kosten voor transport en winning van de olie bedragen circa 26 ct per kg (mond. med. Gielens, Unichema). Hiermee resteert een prijs voor de telers van  $85 - 26 = 59$  ct per kg olie. Uitgaande van een zaadopbrengst van 2.500 kg per ha bestaande uit 750 kg hul, 900 kg olie en 850 kg schroot is de totale financiële opbrengst bij een verwachte schrootprijs van 33 ct per kg (mond. med. Steg, ID-DLO) en zonder opbrengst voor de hullen 812 gulden per ha. Dit is per kg zaad 32,5 ct. In de saldoberekening is als opbrengst ook de vergoeding voor non-food gewassen op braakpercelen opgenomen.

Het saldo van crambe blijft ondanks de EG-vergoeding voor de teelt van een agrificatiegewas op een braakperceel ver achter bij dat van zomertarwe en vooral dat van wintertarwe. De financiële kloof met deze gewassen wordt geringer als het gewas onder de

**Tabel 10.** Globale saldoberekening per ha crambe voor klei en vergelijking met graangewassen op klei en zand.

omschrijving	hoev.	prijs	bedrag
Opbrengsten:			
Hoofdproduct	2500	0,325	812
Non-food teelt op braak			1075
Bijproduct			<u>P.M.</u>
<b>BRUTO-OPBRENGST (A)</b>			1887
Toegerekende kosten:			
<b>Zaaizaad</b>	10	12,00	120
<b>Meststoffen:</b> N	80	1,07	86
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40	0,86	34
K <sub>2</sub> O	40	0,56	22
<b>Gewasbeschermingsmiddelen:</b>			
<b>Onkruiden:</b>			125
<b>Ziekten en plagen:</b>			140
<b>Overige produktgebonden kosten:</b>			
Verzekering/rente			50
Keuring			P.M.
Drogen/schonen	25	7,40	185
<b>TOT. TOEG. KOSTEN (B)</b>			<u>762</u>
<b>SALDO PER HA E.M. (A-B)</b>			1125
saldo per ha E.M.	klei		zand
crambe	1125		815*
zomertarwe#	1724		1159
wintertarwe#	1880		1331

\* vergoeding non-food teelt braak op zand 765 gulden per ha

# gemiddelde saldo's klei resp. zand/veen (KWIN 1993-1994)

EG-marktordening voor oliehoudende gewassen zou worden gebracht. Indien eenzelfde EG-toeslag als voor koolzaad zou worden verstrekt (1472 op klei, 1048 op zand) zou het saldo op klei met 397 en op zand met 283 gulden stijgen. De kans hierop is voorlopig gering (mond. med. Hiel, PMVO).

## Verwerking en afzet

Bij de verwerking en afzet doet zich een aantal technische problemen voor. Deze zijn sterk uiteenlopend, variërend van soort tot soort.

Bij euphorbia komt, indien het gewas nog nat is, bij verwerking melkssap vrij hetgeen bij onvoldoende bescherming huidirritatie veroorzaakt.

Bij de composietgewassen beker-goudsbloem

en goudsbloem komen in het geoogste produkt twee respectievelijk drie typen zaad voor, wat de schoning van het zaad bemoeilijkt. Indien niet volledig kan worden geschoond, heeft dat extra transportkosten tot gevolg.

Het oliegehalte van de nieuwe olieproducerende gewassen crambe en euphorbia ligt op een niveau als dat van koolzaad. De olie kan grotendeels door mechanisch persen eventueel gevolgd door een extractiebehandeling worden verkregen. Bij de zaden met een lager oliegehalte zoals beker-goudsbloem, akkermoeerasbloem en goudsbloem zal van duurdere extractietechnieken gebruik moeten worden gemaakt (mond. med. Derksen, ATO-DLO). Een probleem bij de raffinage van met name de olie van beker-goudsbloem vormt de grote reactiviteit (mond. med. Muuse, ATO-DLO).

Uit het crambe-demoproject blijkt dat bij winning van het doelvetzuur op fabrieksschaal problemen op kunnen treden die men op laboratoriumschaal niet had. Deze opschalingsproblemen kunnen zich bij alle gewassen voordoen.

Het schroot dat na de oliewinning overblijft zou, net zoals dat bij bestaande olieproducerende gewassen als koolzaad gebeurt, een bestemming naar de veevoederindustrie moeten krijgen. Een belemmering hierbij is dat onder andere bij crambe er antinutritionele factoren zoals glucosinolaten in het schroot voorkomen die de afzet bemoeilijken of die extra kosten met zich mee brengen (wassen/toasten) om ze onschadelijk te maken (mond. med. Steg, ID-DLO). Daarnaast kan de voederwaarde geringer zijn dan van de gangbare schroten.

## Perspectief

Op wereldschaal wordt voor het jaar 2.005 een crambe-areaal van circa 145.000 ha verwacht (mond. med. Leonard, Hume Company). De vraag is waar dit areaal verbouwd gaat worden. De inspanningen in het gewas koolzaad gaan intensief door om het erucazuur-gehalte in de olie verder te verhogen (Van de Berg e.a., 1993; Lühs en Friedt, 1993) en dit te combineren met een laag glucosinolaatgehalte. Deze eigenschap, die in tegenstelling tot crambe bij dit gewas beschikbaar is, vergemakkelijkt de afzet van het schroot naar de veevoederindustrie. Mede op grond van deze activiteiten in koolzaad kan niet worden verwacht dat de druk op de prijs van erucazuurrijke olie afneemt. Binnen enkele jaren zijn er ook geen cramberassen te verwachten met een voldoende laag gehalte aan het ongewenste vetzuur waarmee de huidige extra procesgang bij de verwerking van crambe-olie bij Unichema overbodig wordt. Een premie op het hogere erucazuurgehalte in crambe-olie ten opzichte van koolzaadolie ligt vermoedelijk dan ook op korte termijn niet in het verschiet. Dit kan ook als belangrijke reden worden gezien voor het opschorten van het demoproject crambe door CEBECO en Unichema.

De saldooverwachting voor de nabije toekomst zal vermoedelijk niet beduidend hoger worden dan zoals hierboven is weergegeven. Verwacht moet dan ook worden dat de teelt van crambe in Nederland voorlopig niet meer van de grond komt.

Voor de overige gewassen geldt dat op dit moment de olieproductie per ha (zie tabel 3) nog aanmerkelijk geringer is dan die van crambe. De prijs van de olie dient dan ook een veelvoud te zijn van die van crambe om tot een rendabele teelt te leiden. Dit lijkt alleen mogelijk als deze olie kan worden afgezet als 'speciality' bijvoorbeeld naar de cosmetica- en coatingindustrie.

Voor akkermoeerasbloem geldt een dergelijke hoge prijs, maar door de geringe olie-opbrengst per ha is voorlopig de financiële opbrengst te gering om een praktijkteelt van enige omvang te mogen verwachten.

Voor de overige gewassen bestaat er nog geen duidelijk beeld over de prijs. Wel is duidelijk dat de produktiviteit van de nog vrij 'wilde' gewassen bij verdergaand landbouwkundig onderzoek snel kan toenemen, waardoor de benodigde olieprijs voor een rendabele teelt zou kunnen dalen en in principe ook een grotere markt beschikbaar komt.

Voor het gewas goudsbloem zou de teelt van bloemen met een pharmaceutisch doel mogelijk kunnen worden gecombineerd met de teelt van zaad voor olieproductie. De mogelijkheden van deze dubbeldoelteelt, waarbij eerst bloemen worden geoogst en vervolgens van de nakomende bloemen het zaad, zouden nader moeten worden bestudeerd. Vanuit DSM bestaat concrete belangstelling voor olie van goudsbloem. De komende jaren kan een geleidelijk uitbreidend areaal worden verwacht (mond. med. Knottnerus, CEBECO).

De recente vondst van vastzadigheid in euphorbia (Pascal-Villabos e.a., 1993) in Spanje betekent een belangrijke doorbraak voor dit gewas. Indien dit materiaal niet voor Nederland beschikbaar komt, betekent dat een grote concurrentie-achterstand.

De landbouwkundige beperkingen van de gewassen die olie produceren die voor de oleochemische industrie van belang is, konden in

de onderzoeksprojecten VOICI en NOP duidelijk in beeld gebracht en deels al worden opgeheven. In hoeverre deze gewassen in de praktijk zullen worden geteeld hangt af van de concurrentiekracht van de voortgebrachte olie nu en in de toekomst. Politieke maatregelen zoals produktie-ondersteuning, wetgeving ten aanzien van het gebruik van afbreekbare oliën en dergelijke, kunnen de concurrentiekracht ten opzichte van minerale en andere plantaardige olie belangrijk vergroten. Op korte termijn leveren de nieuwe olieproducerende gewassen helaas te weinig smeerolie om de Nederlandse akkerbouw goed te laten draaien.

### Literatuur

- Berg, C.G.J. v.d., P.B.E. McVetty, R. Scarth en S.R. Rimmer. Breeding of high erucic acid low glucosinolate rapeseed. Abstracts symposium on Industrial Crops and Products, Pisa, (1993), 2 p.
- Bruyn, J. de. Behoeftte aan grondstoffen op maat. Chemisch Magazine, (1991), p. 320-334.
- Calhoun, W. en J.M. Crane. Seed yields of meadowfoam as influenced by N, seeding rates, and soil water table levels. Agronomy Journal, 70 (1978), p. 924-926.
- Franz, R.E., M. Seddigh, G.D. Jolliff en E.L. Alba. Meadowfoam seed yield response to temperature during flowering development. Crop Science, 32 (1992), p. 1284-1286.
- Jolliff, G.D.. Development and production of meadowfoam (*Limnanthes alba*). American Oil Chemists Society, Monograph New Sources of Fats and Oils, (1981), p. 269-285.
- Kullmann, A.. Einfluss der N-Versorgung auf einige Ertragskomponenten und Ölqualität bei Raps (*Brassica napus* L.). Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., (1989), nr 2, p. 81-84.
- Lühs, W.H. en W. Friedt. Present state and prospects of breeding rapeseed (*Brassica napus*) with a maximum erucic acid content in seed oil. Abstracts symposium on Industrial Crops and Products, Pisa, (1993), 2p.
- Meer, M. van der. Oleochemische industrie op zoek naar alternatieve grondstoffen. Landbouwkundig Tijdschrift, 102, (1990), nr 3, p 17-19.
- Meijer, E. de, L.J.M. van Soest en M. Doorgeest. Potentiële nieuwe akkerbouwgewassen in perspectief (evaluatie op landbouwkundige en kwaliteitsaspecten). CGN/SVP, (1988), 41 p.
- Meijer, E. de en M. Doorgeest. Voorlopige teelt-handleiding nieuwe gewassen 1989. CGN/SVP, (1989), 20 p.
- Pascal-Villabos, M.J., E. Correal en G. Röbbelen. First sources of complete seed retention in *Euphorbia lagascae* Spring. Abstracts symposium on Industrial Crops and Products, Pisa, (1993), 2 p.
- Soest, L.J.M. van, B.G. Muuse en E.P.M. de Meijer. Nieuwe olieplanten als grondstof voor technische toepassingen. Landbouwkundig Tijdschrift, 102, (1990), nr 3, p. 13-16.
- Tribou-Blondel, A. M.. Azote, croissance, rendement et qualité de la graine chez le colza d'hiver. Colza-CETIOM/INRA, (1989), p. 134-139.
- Toy, S.J. en B. Willingham. Some studies on secondary dormancy in *Limnanthes* seed. Economic Botany, 21 (1967), p. 363-366.
- Wingelaar, G.J.. Vergelijking najaars- en voorjaarszaai van tien nieuwe olieproducerende gewassen. Doctoraalverslag vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandkunde, Wageningen, (1990), 36 p.
- White, G.A.. Biodiversity for industrial crop development in the U.S.A.. Abstracts symposium on Industrial Crops and Products, Pisa, (1993), 1 p.

# Cichorei, een mogelijkheid erbij?

ir. C.E. Westerdijk

## Inleiding

Cichorei (*Cichorium intybus* L.) behoort tot de familie der composieten. Het is één van de drie plantensoorten (naast aardpeer en dahlia) die inuline in knollen of wortels opslaan tot een niveau dat winning aantrekkelijk maakt. Cichorei kent al een lange geschiedenis als cultuurgewas, maar heeft nooit grote aandacht gekregen. In de tijd van Napoleon werd gebrande cichorei al gebruikt als surrogaat voor de peperdure koffie. Een tiental jaren geleden werd in België gestart met de teelt en verwerking van cichoreiwortels voor de produktie van inuline en fructosestroop.

Inuline is een fijn, wit, vrijwel smaakloos poeder van vezelachtige substantie dat gebruikt kan worden als voedingsvezel en na hydrolyse tot fructose als zoetstof. Inuline is een verzamelaar voor polymeren van 2 tot meer dan 30 fructose-moleculen ('degree of polymerization' = DP van 2 - 30) met een eindstandig glucose-molecuul. Het is redelijk in water oplosbaar (10 gew.% bij 20°C) en wordt in de vacuolen in de plantecel opgeslagen. Net als zetmeel is inuline een reservekoolhydraat voor de plant. Uit inuline kan gewone fructose worden gehaald, maar inuline kan ook dienen als vetvervanger en toevoeger van vezels: produkten met een veel hogere toegevoegde waarde dan fructose.

Suiker Unie U.A. en het Belgische bedrijf Warcoing hebben in 1992 in Roosendaal een bedrijf opgericht, Benuline Nederland B.V., voor de verwerking van cichoreiwortels. Daardoor kon in 1992 in Nederland een praktijkteelt van ongeveer 3000 ha cichorei starten.

De belangstelling voor inuline komt uit twee sectoren: de voedingsmiddelenindustrie en de chemische industrie. De wens van de con-

sument naar vetarme en minder calorieën bevattende levensmiddelen heeft de interesse van de voedingsmiddelenindustrie voor inuline weer opgewekt (Prött, 1993). Voor deze industrie zijn de neutrale eigenschappen van inuline belangrijk. Inuline kan aan veel produkten worden toegevoegd om het gehalte aan voedingsvezel te verhogen, zonder dat het produkt in welk opzicht dan ook wordt gewijzigd. Daarnaast kan inuline vetten ten dele vervangen, zodat het produkt een lagere calorische waarde krijgt (Teeuwen, Suiker Unie, pers.med.). De calorische waarde van vet is 38 kJ per g en van inuline 4 kJ per g (4,18 kJ = 1 kcal). De voordelen van inuline liggen daarnaast vooral op het fysiologische vlak: het is gunstig voor de menselijke gezondheid.

Ook kan door hydrolyse uit inuline een fructose-rijke stroop gemaakt worden, die zeer geschikt is als natuurlijke zoetstof in frisdranken, ijs en bakkerijprodukten. Fructose versterkt de smaak van fruit en vruchten. Afhankelijk van de temperatuur en het voedingsmiddel waarin het verwerkt wordt, heeft fructose een zoetkracht van 1,1 tot 1,5 keer die van suiker. In tabel 11 is een aantal toepassingen van inuline genoemd.

Voor de chemische industrie is het uit fructose vrij eenvoudig te vormen hydroxymethylfurfural (HMF) aantrekkelijk (Vinke, 1988). Inuline, HMF en derivaten daarvan vormen goede uitgangsstoffen voor de produktie van allerlei polymeren zoals harsen, polyurethaanschuimen, lijmen en 'co-builders' (waterontharder) in wasmiddelen. Deze laatste zijn mogelijk biologisch afbreekbaar wat een stap op de weg naar 'groene' wasmiddelen zou zijn (Teeuwen, Suiker Unie, pers.med.).

In Europees verband wordt onderzoek gedaan naar zowel teelttechnische als produkttechnische aspecten. In Nederland doet het ATO-DLO onderzoek aan de chemische en fysische eigenschappen van inuline en daar-

**Tabel 11.** Enkele voorbeelden van toepassingen en voordelen daarvan in voedingsmiddelen en de belangrijkste eigenschappen van inuline (Bron: Cosucra, brochure Fibruline).

toepassing	aanbevolen % inuline in het eindprodukt	voordeel van toepassing
brood	5 - 10	- vezelverrijking (van wit brood)
gebak/cake	10 - 15	- minder calorieën
yoghurt	5	- tandvriendelijk
		- minder calorieën
		- vezelverrijking
		- textuur verbetering
		- stimulering bifidus bacteriën in de darm
smeerkaas en ander broodbeleg	5	- vezelverrijking
'sandwich-spread'		- minder calorieën en vet
ijs	8	- kostenverlaging
		- textuur verbetering
		- minder calorieën, vet en suiker
chocola	10 - 40	- tandvriendelijk
		- vezelverrijking
		- minder calorieën, vet en suiker
sauzen, dressings	5	- tandvriendelijk
		- vezelverrijking
		- minder calorieën, vet en suiker
vleesprodukten	5	- tandvriendelijk
		- vezelverrijking
		- minder vet
frisdranken	3	- kostenverlaging
		- minder calorieën en suiker
		- tandvriendelijk

Belangrijkste functionele en fysiologische eigenschappen van inuline:

functionele eigenschappen:

neutrale tot zwak zoete smaak  
neutrale kleur en geur  
redelijk oplosbaar in water  
bijdrage aan mondsensatie/textuur  
geleer-eigenschappen  
schuimversteviger

fysiologische eigenschappen:

energiewaarde van 4 kJ/g  
voedingsvezel  
selectieve bifidus stimulator  
geen bloedsuikerverhogend effect  
tandvriendelijk (geen plaque,  
minder tot geen cariës)

mee samenhangende gebruiksmogelijkheden. Het PAGV doet naast rassenonderzoek vooral teeltonderzoek. Dit richt zich onder andere op bemesting, zaai- en oogsttijden, rijfstanden, plantdichtheden, vlakvelds- en ruggenteelt, bewaarverliezen in de hoop en op

de effecten van teeltwijze en -omstandigheden op het inulinegehalte en -samenstelling. Daarbij wordt samengewerkt met het Provinciaal Onderzoek- en Voorlichtingscentrum voor Land- en Tuinbouw te Rumbeke in België.

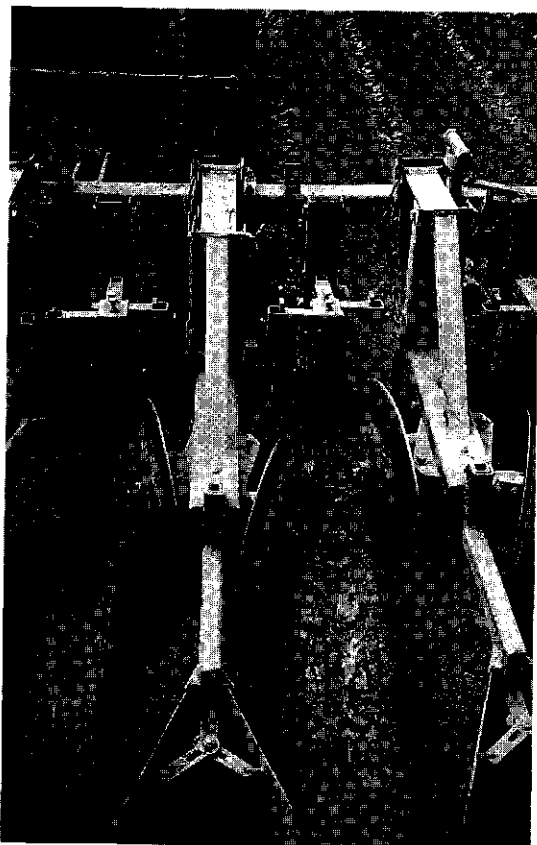
## Afzet en markt

Verwacht wordt dat op middellange termijn de vraag naar inuline zich verder zal ontwikkelen. Op de voedingsmiddelenmarkt is er een gestaag stijgende vraag naar voedingsvezels. Voor de non-food toepassingen zal dit schoksgewijs verlopen: zodra een toepassing technisch en economisch haalbaar is, kan de vraag ineens snel toenemen. Binnen bereik liggen mogelijk de 'builders', de waterontharders in wasmiddelen (Teeuwen, Suiker Unie, pers.med.). Deze builders omvatten een Europese markt van vele honderdduizenden tonnen; een aandeel van 10% daarin betekent minimaal 10.000 ton inuline. Het inulinederivaat moet in ieder geval gelijkwaardig presteren aan het produkt dat het vervangt en heeft als voordeel dat het biologisch afbreekbaar is. Dit voordeel moet de waarschijnlijk iets hogere kostprijs compenseren. Benuline Nederland B.V. heeft vanaf de oprichting alleen fructosestroop gemaakt met de bedoeling op termijn geleidelijk over te schakelen naar de produktie van inuline. Voor de toekomst van de cichoreiteelt zal afzet van inuline op de voedingsmiddelenmarkt en toepassingen in de non-food sector gerealiseerd moeten worden. De fructosemarkt, waar reeds een grote concurrentie is, biedt weinig mogelijkheden. Begin dit jaar is door de EG een quotering op de produktie van fructosestroepen ingesteld. Mogelijk dat een dergelijke regeling een bijdrage kan leveren tot een stabilisering van de fructosemarkt. Het is nog niet duidelijk hoe groot het quotum voor Nederland wordt.

Op de langere termijn is het niet de bedoeling van Benuline Nederland B.V. grote hoeveelheden fructosestroop te produceren, maar om na de huidige fase van produktontwikkeling zoveel mogelijk inuline en inulinederivaten te produceren. Dit zijn produkten die niet onder de door de Europese Commissie voorgestelde quoteringen vallen (Dijkstra, 1993).

### Quotumregeling

Het A-quotum aan fructosestroop wordt toegekend op basis van de produktie van de onderneming, welke speciaal hiervoor is gebouwd, in de periode 1 juli 1992 t/m 30 juni 1993. Naast dit A-quotum wordt een B-quotum



Mechanische onkruidbestrijding in cichorei bij ruggenteelt (foto: J. Hamming, DLV-Westmaas).

toegekend van 23,55% van het vastgestelde A-quotum. Vervolgens mag het totale A- en B-quotum niet groter zijn dan 85% en niet kleiner zijn dan 65% van de technische produktiecapaciteit die per 1 oktober 1992 aanwezig was en over een periode van maximaal 100 dagen gemeten wordt. Tenslotte is er nog een voorstel tot een produktieheffing op het B-quotum aan fructosestroepen. In dit voorstel is de heffing gelijk aan de heffing op suiker, maar dan vermenigvuldigd met 1,9 (Dijkstra, 1993). Voor de drie betrokken lidstaten (Frankrijk, België en Nederland) en de vier ondernemingen betekent dit flink rekenwerk om de toegestane arealen cichorei te bepalen.

## Gewasontwikkeling

Cichorei is een twee-jarig gewas. In het eerste jaar blijven de planten vegetatief. Bovengronds wordt een rozet van bladeren gevormd en de reservekoolhydraten worden als



drogestof in ton per ha

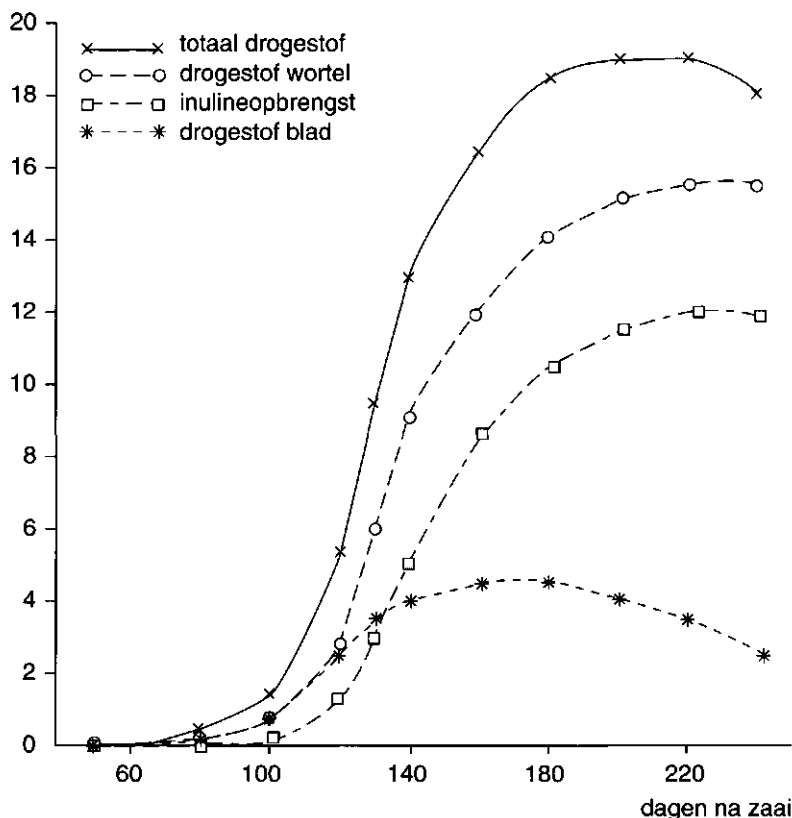


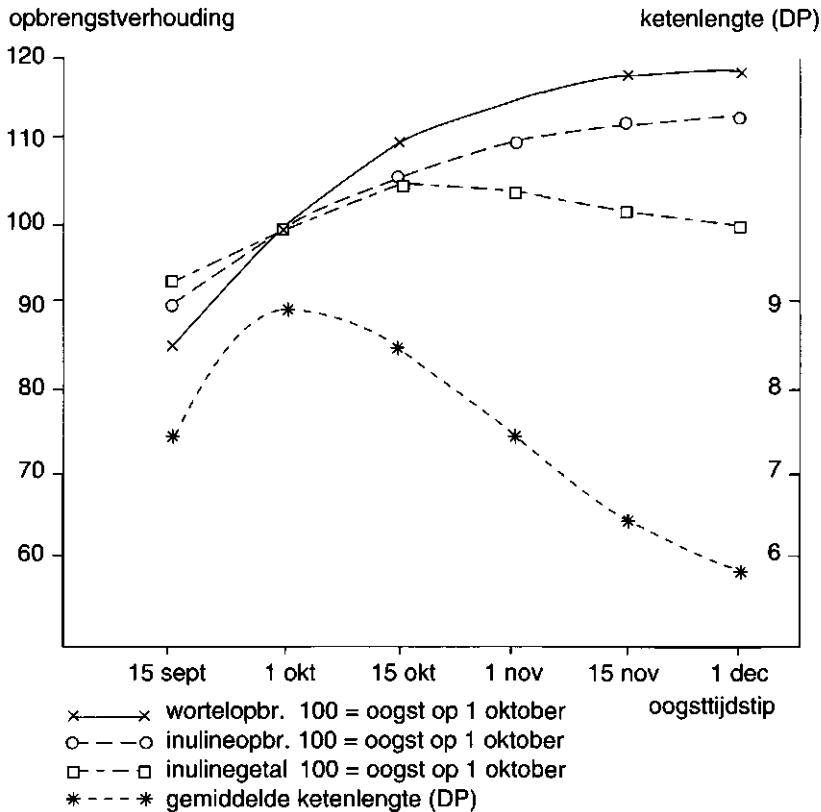
Fig. 7. Schematisch verloop en verdeling van de drogestof-productie bij een goed gewas cichorei (samengesteld uit diverse proeven).

inuline opgeslagen in de penwortel. In het tweede jaar ontstaat er een bloeistengel en wordt zaad gevormd. Landbouwkundig gezien is alleen de vegetatieve ontwikkeling van belang omdat het om de wortels gaat. Cichorei verschilt nauwelijks van witlof en de teelt lijkt veel op de teelt van witlofpenen en van suikerbieten.

Na een snelle opkomst kenmerkt het gewas zich door een trage groei in het voorjaar, waardoor het gewas laat sluit. Deze periode is langer dan bij suikerbieten en is temperatuursafhankelijk. Gedurende de eerste 10 weken na opkomst wordt ongeveer de helft van de produktie gebruikt voor de vorming van blad en de andere helft voor het wortelstelsel. Daarna wordt bijna driekwart van de

drogestof besteed aan wortelgroei en inulineopslag (figuur 7). De schijnbaar constante hoeveelheid blad in de tweede helft van het groeiseizoen verbergt dat continu nieuw blad wordt gevormd en oud blad afsterft (Meijer et al. 1991). Aan het eind van het groeiseizoen komt er bijna geen nieuw blad meer bij. Cichorei kan een hoge inulineproduktie per ha bereiken omdat het in het najaar lang een actief bladapparaat in stand houdt en bovendien een groot deel van de totale drogestofproduktie als inuline in de wortels opslaat. De oogstindex (inulineopbrengst/totale d.s. produktie) van cichorei is ongeveer 0,5 tot 0,6 afhankelijk van het oogsttijdstip.

De wortel- en de inulineopbrengst nemen in de herfst nog duidelijk toe. Daarnaast veran-



**Fig. 8.** Relatief verloop van wortel- en inulineopbrengst, inulinegetal en ketenlengte bij cichorei.

dert de samenstelling van de inuline enigszins tijdens de rijpingsperiode, doordat de inuline deels wordt afgebroken tot kortere ketens (lagere DP) waardoor de fructose/glucose-verhouding daalt (figuur 8). Dit maakt dat de grondstof onder andere afhankelijk van de oogsttijd niet uniform is, wat voor bepaalde verwerkingsmogelijkheden een probleem zou kunnen vormen.

## Productiemogelijkheden

Aanvankelijk is voor de inulineproductie vooral gekeken naar aardpeer. In het kader van een EG-project zijn in 1986-1989 door het PAGV diverse teeltproeven met aardpeer uitgevoerd (Morrenhof et al., 1990). Hierbij wer-

den inulineopbrengsten van 4 tot 6 ton per ha behaald. Hoewel aardpeer een hoge drogestofopbrengst kan bereiken, is de verdeling van de drogestof over knollen en stengels ongunstig, doordat het gewas een zeer grote stengel- en bladmassa vormt. Dit ligt bij cichorei aanzienlijk gunstiger; hierbij wordt een veel groter deel van de drogestof-productie als inuline in de wortel opgeslagen. Uit berekeningen met gewasmodellen blijkt dat voor cichorei inuline-opbrengsten van 14 ton per ha onder optimale condities mogelijk zijn en voor aardpeer ongeveer 8 ton (Meijer et al., 1991). De latere keuze voor cichorei berust dan ook mede op deze efficiëntie in inulineproductie. Bovendien is de teelt en 'product-handling' door de overeenkomst met die van witlofpennen en suikerbieten, eenvoudiger

**Tabel 12.** Gemiddelde wortelopbrengst (ton netto per ha), inulinegetal en spreiding in de praktijk en in proeven met cichorei.

	praktijk Benuline		proeven PAGV				
	1992	1993	1992		1993		
	1992	1993	RH	WS	RH	WS	KW
wortelopbrengst	42,5	46,0	55,6	54,9	62,9	56,8	56,8
spreiding	30-60	35-60	51-62	52-58	60-66	56-58	42-68
inulinegetal	16,6	15,8	17,3	16,9	16,8	15,8	16,2
spreiding	15,7	14,9	16,6	16,4	16,2	15,7	16,0
	17,3	16,6	17,9	17,2	17,4	16,0	16,4

RH, WS en KW: proefboerderijen Rusthoeve, Westmaas en Kollumerwaard.

dan bij aardpeer.

In tabel 12 is een overzicht gegeven van de in 1992 en 1993 bereikte opbrengsten en inulinegetallen (welke een maat is voor het inulinegehalte) op praktijkpercelen en proefvelden. Gemiddeld was de inuline-opbrengst in de praktijk circa 7,5 ton per ha, maar er was een grote spreiding met uitschieters tot 11 ton. Daarbij spelen weersomstandigheden (onder andere vochtvoorziening) een rol. In de proeven lag de gemiddelde inuline-opbrengst ruim 2 ton hoger. Dat cichorei onder optimale condities zeer hoge inuline-opbrengsten kan bereiken blijkt onder andere uit een PAGV-proef in 1988 met diverse methoden van teeltvervroeging, waarbij 14,5 ton per ha werd bereikt (Borm, 1989).

De huidige belangstelling heeft ook de veredelingsactiviteiten opgeschroefd; in Nederland is cichorei ook in het rassenonderzoek opgenomen. In de laatste tien jaar zijn rassen geïntroduceerd met bietvormige wortels, waardoor de oogst met aangepaste bietenrooiers mogelijk is. Op termijn wordt door veredeling een verbetering van de inuline-opbrengst van 25% ten opzichte van nu mogelijk geacht (Frese, 1993; Baert, 1993).

De huidige praktijkopbrengsten moeten dan ook nog aanzienlijk kunnen stijgen door verbetering van rassen en vooral teelttechniek. In de nabije toekomst moeten opbrengsten van gemiddeld 10 ton inuline per ha in de praktijk bereikbaar zijn.

## Teeltknelpunten

### Beginontwikkeling

De gewenste plantdichtheid lijkt rond 150.000 planten per ha bij een rijafstand van 50 cm te liggen. Doordat de veldopkomst in de praktijk nogal varieert (40-80%), afhankelijk van bodemtemperatuur en zaai-bed, is zaaien op eindafstand zoals bij suikerbieten moeilijk. Het gewas heeft een trage beginontwikkeling waardoor de invallende straling niet optimaal benut wordt. Gewoonlijk wordt pas rond half juli een gesloten gewasdek bereikt, bij een LAI van 4 à 5. De lichtonderschepping is dan ongeveer 85%.

Het lang open blijven van het gewas betekent ook dat het onkruid in deze fase weinig onderdrukt wordt. Zoals in tabel 13 blijkt, heeft teeltvervroeging via papierpotplanten en/of agryldekkbedekking een zeer positief effect op de wortel- en inulineopbrengst. Hoewel de produktie bij de zaai op 15 april duidelijk hoger ligt, zien we bij beide zaaidata een groot effect van deze teeltvervroegende maatregelen. Dit effect ontstaat al in de beginfase als gevolg van een vroeger sluitend gewas en daardoor betere lichtbenutting. Een verbetering van de beginontwikkeling via veredeling en eventuele teeltmaatregelen is dan ook van belang.

Tegen deze achtergrond lijkt tijdig zaaien in principe gewenst. Echter bij bodemtemperaturen onder de 10°C verloopt de kieming traag

**Tabel 13.** Invloed teeltvervroeging via papierpotplanten en agrylboekbedekking bij twee zaaitijden op het inulinegetal, de wortel- en de inulineopbrengst in tonnen per ha (Borm, 1989).

zaai/planttijd	inulinegetal		wortelopbrengst		inulineopbrengst	
	15/4	17/5	15/4	17/5	15/4	17/5
zaai, onbedekt	18,9	18,0	63	46	12,0	8,3
zaai, agrylboek	19,1	18,8	70	52	13,4	9,7
planten, onbedekt	18,9	18,2	69	53	13,1	9,6
planten, agrylboek	19,3	18,2	75	57	14,5	10,4

**Tabel 14.** Inulinegetal, wortelopbrengst en inulineopbrengst in ton per ha bij verschillende zaai- en oogsttijden, Kollumerwaard 1993.

zaaitijd \ oogsttijd	inulinegetal		wortelopbrengst		inulineopbrengst	
	27/9	25/10	27/9	25/10	27/9	25/10
30/3	15,5	16,6	60	63	9,3	10,4
09/4	16,1	16,4	64	69	10,3	11,2
19/4	16,2	16,7	57	64	9,3	10,7
29/4	15,9	16,5	48	49	7,6	8,0
10/5	15,9	16,6	40	41	6,4	6,8

en onvolledig. Te vroeg zaaien verhoogt daarom het risico voor een slechte opkomst, een trage beginontwikkeling en schieters. Overigens is de schieterneiging bij de nieuwste rassen gering.

Uit de zaai- en oogsttijdenproef op Kollumerwaard in 1993 blijkt dat de zaaitijd een grote invloed kan hebben op de opbrengst. Uit tabel 14 blijkt dat bij zaai eind maart en eind april de inuline-opbrengst respectievelijk 10 en 20% lager was dan bij zaai rond 10 april. Deze verschillen zijn bij vroege oogst wat kleiner dan bij oogst in eind oktober. Daarna vindt weinig bijgroei meer plaats en blijven de verschillen vrijwel gelijk. Een juiste zaaidatum blijkt dus niet onbelangrijk.

## Teeltmethode

Bij de afweging tussen vlakveldsteelt en ruggenteelt speelt een aantal zaken een rol. Bij ruggenteelt zal het rooien gemakkelijker kunnen verlopen. Daarnaast warmt de grond in de ruggen sneller op dan bij vlakveldsteelt, wat een vlottere ontwikkeling van het gewas kan geven. Doordat de opbouw van ruggen een diepere grondbewerking vergt dan bij vlakveldsteelt en de ruggen de tijd moeten

krijgen om voldoende te bezakken, zal het tijdstip van zaaien veelal later liggen dan bij vlakveldsteelt. In proeven in 1992 en 1993 zijn geen duidelijke verschillen in opbrengst tussen beide teeltwijzen gebleken. Wel is bij ruggenteelt een lager tarapercentage gevonden dan bij vlakveldsteelt. Over optimalisering van de rugopbouw en ruggenteelt zal nader onderzoek aansluitend bij onderzoek in de witlofteelt nodig zijn.

Voordeel van ruggenteelt is een lager tarapercentage (vermindering met circa 20%). Nadelen zijn de hogere kosten voor mechanisatie en loonwerk en bij het maken van niet-aangedrukte ruggen het latere tijdstip van zaaien.

## Bemesting

De bemesting lijkt geen groot probleem te zijn. Uit onderzoek blijkt dat een stikstofbemesting van circa 75 kg N per ha voldoende is. In tabel 15 is een beeld gegeven van het effect van stikstofbemesting op de wortelopbrengst, het inulinegetal en het bladgewicht. De effecten zijn gering. Ook een overbemesting in mei (30 kg N) had, behalve wanneer geen basisgift gegeven was, geen positief ef-

**Tabel 15.** Inulinegetal, wortel- en inulineopbrengst en bladgewicht onder invloed van stikstofbemesting op Rusthoeve in 1993.

N-gift	0	50	100	150
inulinegetal	17,0	17,1	17,0	16,7
wortelopbrengst (ton/ha)	62	63	63	63
inulineopbrengst (ton/ha)	10,5	10,7	10,6	10,5
bladgewicht (ton/ha)	19,2	21,1	22,8	23,7

fect op de opbrengst. Bij hogere giften neemt het risico op bacterie- en/of *Sclerotinia* rot toe, dat tijdens de bewaring van cichorei aan de hoop problemen kan opleveren. Het gewas vertoont op gronden met een goed K- en Pw-getal geen opbrengstreactie op fosfaat- en kalibemesting. De opname van mineralen door cichorei bedraagt ongeveer 180-230 kg N, 80-120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 300-600 kg K<sub>2</sub>O per ha per jaar. De afvoer aan mineralen met de wortel bedraagt ongeveer 140-180 kg N, 70-90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 200-400 kg K<sub>2</sub>O (Borm et al., 1989; Kruistum et al., 1991; Proft et al., 1991).

### Onkruidbestrijding

Voor de onkruidbestrijding in cichorei zijn dezelfde middelen toegelaten als in witlof. Daarmee kan het merendeel van de onkruidpopulatie voor en rond opkomst van de cichorei goed worden bestreden. Problemen geven de onkruiden uit de familie der composieten, die met de beschikbare middelen nauwelijks bestreden worden (kamille, klein kruiskruid, knopdistel en melkdistel). De volgende werkwijze blijkt de meeste kans van slagen te geven:

1 l Kerb + 2 l Asulox + 3 l Legurame aan de basis + evt. afbranden gevolgd door lage doseringen (0,5-0,75 l per ha) van Chloor-IPC op kiemend onkruid. Dit vergt wel veel aandacht van de teler: regelmatig controleren op onkruid en direct spuiten met lage dosis zodra onkruid wordt waargenomen. In totaal kan maximaal 4 l per ha Chloor-IPC in het gewas worden toegepast.

Een probleem vormt de na-opkomst onkruidbestrijding. Onderzoek in witlof over de toepassing van het Lage Doseringen Systeem (LDS) met andere herbiciden bleek niet mo-

gelijk doordat er teveel schade aan het gewas werd toegebracht (Baumann et al., 1991). Gezien de sterke verwantschap van cichorei met witlof zal dit ook voor de cichorei geen oplossing bieden. Met een gecombineerde aanpak van voor-opkomstbespuiting en later schoffelen afgewisseld met lage doseringen Chloor-IPC is een aanvaardbare onkruidbestrijding mogelijk, mits er op tijd begonnen wordt (Westerdijk, 1993). Daarvoor zijn zowel vlakvelds als voor ruggen goede werktuigen beschikbaar.

### Oogsttijdstip

In enkele proeven is het verloop van de opbrengst, inulinegetal en inulinesamenstelling gevolgd (figuur 8). Hieruit blijkt dat het inulinegetal een optimum heeft rond de 170-190 dagen na zaaien. Vóór het optimum neemt het inulinegetal vrij snel toe, na het optimum neemt het echter langzaam af. Het wortelgewicht neemt in het najaar nog toe. Deze toename is sterker dan de afname van het inulinegetal, zodat de inuline-opbrengst ook toeneemt. Daarnaast vindt in deze periode ook een verandering plaats in de samenstelling van de inuline, uitgedrukt als de ketenlengte (DP) ofwel de fructose/glucose-verhouding. Onafhankelijk van de ontwikkeling van het gewas is deze rond 1 oktober het hoogst, om vervolgens af te nemen door de verminderde sucrose-voorziening van de wortels door het blad (Chubey et al., 1978). De inuline wordt dan afgebroken tot kortere ketens. Naarmate eerder gezaaid is, is de DP hoger. Afhankelijk van de wens naar korte of lange ketens zal er dan laat of juist vroeg moeten worden geoogst.

De oogst van cichorei gebeurt met aange-



Mislukte onkruidbestrijding in cichorei (foto: J. Hamming).

paste bieterooiers. Onder gunstige omstandigheden heeft het oogsttijdstip geen invloed op het percentage tarra. De kans op ongunstige weersomstandigheden neemt toe naarmate het rooien later in het seizoen plaatsvindt. Op zware gronden is het daarom aan te bevelen voor november te oogsten. In 1992 en 1993 kwam het gemiddelde tarrapercentage uit op 21 respectievelijk 19% van het bruto geleverde gewicht.

### Bewaarverliezen

Na de oogst zullen de cichoreiwortels enige tijd op het erf bewaard moeten worden. Dit gebeurt op vergelijkbare wijze als bij suikerbieten. Niet duidelijk is wat de invloed van deze bewaring is op de kwaliteit en het ge-

wicht van de wortels. Uit onderzoek in 1992 en 1993 kon tijdens bewaring van cichoreiwortels aan de hoop in de eerste drie weken geen merkbare achteruitgang in wortelgewicht of inulinegetal worden aangetoond. In tabel 16 zijn enkele kwaliteitskenmerken weergegeven van de monsters cichorei op een aantal opeenvolgende tijdstippen gedurende het onderzoek in 1993. Het inulinegetal lijkt redelijk constant, maar als gevolg van drogestofverliezen begint het inulinegewicht na drie weken (mogelijk door rot) substantieel af te nemen. Wortels die bij de oogst al waren aangetast door *Sclerotinia* (rattekeutelziekte), bleken na een tijdje te gaan rotten, waardoor er een snelle achteruitgang in kwaliteit en gewicht optrad. Rotten wortels verklaren de toename van het tarrapercentage. Bij afwezigheid van

**Tabel 16.** Kwaliteitskenmerken van de monsters cichorei na bewaring gedurende nul tot 46 dagen in de hoop (PAGV 1993).

dagen in de hoop:	0	5	12	26	46
inulinegetal	17,2	17,6	17,4	17,1	16,7
versgewicht in %	100,0	97,0	96,5	94,5	91,0
inulinegewicht in %	100,0	99,4	98,1	94,0	88,5
tarrapercentage	8,1	8,7	8,9	10,5	12,8
drogestofgehalte (DS)	28,2	26,5	27,1	25,9	26,4

rot en met een goede beluchting lijkt cichorei goed enige tijd met behoud van kwaliteit bewaard te kunnen worden. De verliezen lijken niet veel groter te zijn dan bij suikerbieten. Wel vindt tijdens koude bewaring (5° C) afbraak van de lange inulineketens plaats. Binnen zes weken zijn de ketens dan gereduceerd tot minder dan acht fructosemoleculen (Rutherford et al., 1968). De gemiddelde DP is dan nog ongeveer 4. Bij 'warme' bewaring is de kans op broei en hergroei groot, wat een snelle achteruitgang in gewicht en gehalte tot gevolg heeft.

## Rol in het bouwplan

Cichorei is weinig zelfverdraagzaam. Bodemmoesheid als gevolg van de schimmels *Sclerotinia sclerotiorum* en *Rhizoctonia* of van de nematode *Meloidogyne hapla* kan voorkomen bij te enge vruchtwisseling. Cichorei moet niet in een bouwplan met wortelen of peulvruchten worden opgenomen, omdat de sclerotiën van *Sclerotinia sclerotiorum* enige jaren in de grond overblijven. Phoma kan ook optreden in cichorei en kan daardoor een risico betekenen voor het gewas aardappelen. De *Phytophthora* in cichorei levert voor aardappels geen problemen op. Cichorei is geen waardplant van het bietecysteaaftje (*Heterodera schachtii*).

Cichorei kan toe met een lage stikstofgift en kan het best geteeld worden na een gewas dat een arme grond nalaat.

Over het algemeen is cichorei-opslag uit zaad in andere gewassen goed te bestrijden. Opslag uit wortelpuntjes blijkt moeilijker te bestrijden. In granen kunnen deze ontsnappen aan de onkruidbestrijding, als ze nog onder de grond zitten. Eind juli kan de cichorei dan boven het gewas uitgroeien en soms nog levenskrachtig zaad leveren.

Wanneer cichorei laat gerooid wordt, is er kans op structuurschade en is er weinig tijd om nog een wintergraan te zaaien.

Wanneer inpassing van cichorei in het bouwplan een uitbreiding betekent van het areaal rooivruchten, zullen de arbeidspieken in het voor- en najaar hoger worden.



Opslag uit wortelpuntjes van cichorei als voorvrucht (foto: J. Hamming).

## Gewassaldo

In tabel 17 is een saldoberekening weergegeven voor een hectare cichorei bij eigen mechanisatie, geldend voor 1994. Bij zaaizaad is uitgegaan van gepilleerd zaad, omdat dan gebruik gemaakt kan worden van een aangepaste precisiezaaimachine voor suikerbieten. Bij gebruik van gecoat zaad zijn de kosten voor zaad wat lager, maar voor het zaaien (met een speciale pneumatische zaaimachine) hoger. Tot vorig jaar waren de transportkosten van de cichorei voor elke teler gelijk (ongeveer f 16,= per ton), maar vanaf 1994 worden deze kosten gedifferentieerd per gebied; in het kerngebied f 10,= en voor Groningen ongeveer f 35,= per ton bruto ge-

**Tabel 17.** Saldoberekening per ha cichorei bij eigen mechanisatie voor 1994.

	hoev.	prijs	bedrag
Opbrengsten:			4995
hoofdprodukt <sup>1)</sup>	45000	0,111	
inulinegehalte	16,5		
bijprodukt (pulpvergoeding)	45	1	45
<b>BRUTO-OPBRENGST (A)</b>			<b>5040</b>
Toeerekende kosten:			
zaaizaad <sup>2)</sup>	2,5	92,5	231
meststoffen: N	75	1,07	80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60	0,86	52
K <sub>2</sub> O	200	0,56	112
onkruidbestrijding			400
ziekten en plagen bestrijding			50
verzekering en rente e.d			95
tarrabijdrage	10	18	180
afleveringskosten <sup>3)</sup>	55	10	550
rooien (loonwerk)	1	800	800
<b>TOTAAL TOEGEREKENDE KOSTEN (B)</b>			<b>2550</b>
<b>SALDO PER HA E.M. (A-B)</b>			<b>2490</b>

<sup>1)</sup> Prijs is f 115,= per ton netto geleverde cichorei, op basis van 17 procent inuline. Per punt boven of beneden een inulinegetal van 17 geldt een toeslag c.q. korting van f 8,= per ton netto cichoreiwortel, te verrekenen per 0,1 punt.

<sup>2)</sup> Gepilleerd cichoreizaad (eenheid van 100.000 zaden)

<sup>3)</sup> Kosten voor kerngebied zijn f 10,= per ton bruto geleverde cichorei. Deze kunnen oplopen tot maximaal f 35,= (Groningen).

leverde cichorei. Wanneer de teelt deels in loonwerk wordt uitgevoerd (rugopbouw, zaaien en aanaarden), moet voor vlakveldsteelt rekening worden gehouden met circa f 100,= en voor ruggenteelt met f 350,= extra kosten. Het rooien gebeurt volgens contract altijd in loonwerk en is daarom meegenomen onder de toegerekende kosten.

## Verwerking

De fabriek in Roosendaal kende weliswaar enige aanloopperikelen waardoor de geplande campagneduur flink overschreden werd, maar er zijn geen wezenlijke problemen in de verwerking van de cichoreiwortels tot inuline en fructosestroop. Ook op de prijsvorming richting teler heeft dit nauwelijks invloed.

Wanneer voor bepaalde toepassingen van inuline en inulinederivaten een bepaalde ketenlengte van belang is, moet de fabriek deze kunnen leveren. Scheidingsmethoden, om te komen tot een gewenste zuiverheid van het eindprodukt, moeten daartoe ontwikkeld worden. Momenteel is het mogelijk om lange ketens (DP > 20) te scheiden van kortere, maar specifieke scheiding op één bepaalde DP is nog niet economisch haalbaar.

Voor non-food toepassingen moet de economische en technische haalbaarheid van inuline en inulinederivaten verkend worden. De bio-afbreekbaarheid van deze verbindingen kan daarin van doorslaggevend belang zijn. Voor de voedingsmiddelenindustrie ligt het probleem juist in het feit dat de voedingsvezel inuline goed in water oplosbaar is en daardoor in de EG-standaard voedingsvezeltests



niet is aan te tonen. Suiker Unie heeft al een analysemethode speciaal voor inuline ontwikkeld ter aanvulling van de standaardmethoden. Deze methode moet nu nog ingang vinden op het niveau van de EG (Teeuwen, Suiker Unie, pers.med.). Inmiddels is inuline wel toegelaten als voedingsvezel.

## Perspectief

Het teeltdoel van *cichorei* is te komen tot een rendabele teelt van een gewas dat past in het bouwplan, met een optimale productie van inuline.

Momenteel richt de teeltoptimalisatie van het gewas zich nog op landbouwkundige criteria en te weinig op de levering van een optimale grondstof voor de industrie (Hutten, 1991). Bij *cichorei* kan of wil de industrie (uit concurrentie-oogpunt) niet aangeven wat de optimale grondstof precies is (bijvoorbeeld gewenste ketenlengte) en beperkt het teeltdoel zich noodgedwongen tot een optimale productie van inuline. Zowel korte ketens als lange ketens zijn bruikbaar, maar doorbraak in een bepaalde richting kan er toe leiden dat een specifieke ketenlengte in grote hoeveelheden geproduceerd moet worden. Het onderzoek kan zich dan beter richten op de gewenste kwaliteit van de *cichorei*wortel.

Voor uitbreiding van de vraag naar inuline is produkt-diversificatie van belang: ontwikkelen van een zo breed mogelijk scala aan produkten waarin inuline en/of inulinederivaten zijn verwerkt. Hiervoor is het van belang te weten hoe de twee- en driedimensionale structuur van inuline eruit ziet en hoe het zich gedraagt in chemische reacties. Het ATO-DLO doet hieraan onderzoek, zodat gerichte chemische en fysische modificaties aangebracht kunnen worden.

Op dit moment zijn de non-food toepassingen nog beperkt en in de voedingsmiddelenindustrie is nog een aantal problemen op te lossen. De technische potentie is zeer groot, maar de prijs waarvoor door de landbouw inuline aan te bieden is, kan voor de grootschalige chemische toepassingen nog niet wedijveren met de lage prijzen van allerlei grondstoffen

uit aardolie. De perspectieven van inuline in de chemische sector worden nog steeds gunstig geacht, hoewel voor realisatie een verdere ontwikkeling van de industriële processen en toepassingen nodig is. Er zijn mogelijkheden voor zeer specifieke polymeren op basis inuline, maar een dergelijk 'gat in de markt' is waarschijnlijk snel gevuld (Hutten et al. 1991).

Productie op grote schaal van inuline is alleen waarschijnlijk als commerciële food en non-food toepassingen ontwikkeld worden. Deze ontwikkelingen gaan snel en samen met milieu-eisen ten aanzien van de bio-afbreekbaarheid van produkten zijn de verwachtingen voor het gebruik van inuline als grondstof voor de non-food industrie positief. De vraag naar vetarme produkten en de bekendheid van inuline als voedingsvezel zal bepalend zijn voor de toepassing van inuline in de voedingsmiddelenindustrie. Inuline uit *cichorei* is weliswaar een mogelijkheid erbij, maar deze mogelijkheid is op korte termijn helaas nog beperkt.

## Literatuur

Anon., 1993. DLV-*cichorei*-teeltenquête 1992. DLV-team Akkerbouw Westmaas.

Baert, J.R.A. en E.J. van Bockstaele, 1993. Cultivation and breeding of root chicory for inulin production. *Industrial Crops and Products*, 1 (1993), pp. 229-234.

Baumann, D.T., J. Jonkers, H.P. Versluis en R. van de Broek, 1991. Onderzoek lage doseringen herbiciden, resultaten 1991, project 36.3.11/36.3.06. PAGV, Interne mededeling nr. 837.

Borm, G.E.L., 1989. Teeltvervroeging *cichorei*, proef in kader van groei-modelonderzoek PAGV/CABO. PAGV, Interne mededeling nr. 649, met appendix.

Borm, G.E.L., E.W.J.M. Mathijssen en W.J.M. Meijer, 1992. Produktiemogelijkheden *cichorei*. PAGV Jaarboek 1991/1992, pp. 113-121.

Chubey, B. en D. Dorrell, 1978. Total reducing sugar, fructose and glucose concentrations and root

yield of two chicory cultivars as affected by irrigation, fertilizer and harvest dates. *Can. J. Plant Sci.* 58, pp. 789-793.

Cosucra, 1991. Brochure: Fibruline; natural, low calorie fibre.

Dijkstra, W.H., 1993. Quotering voor fructosestropen. *Maandblad / Suiker Unie* 27, (1993)11. pp. 14-15.

Frese, L., 1993. Ertragspotential und Verwendungsmöglichkeiten zuckerstofflieferender Pflanzenarten. *Landbauforschung Völkenrode*, 43, (1993), Heft 1, seite 12-16.

Fuchs, A. (ed.), 1993. *Studies in Plant Science*, 3. Inulin and inulin-containing crops. Elsevier Science Publishers B.V. 417 p.

Govers, C., 1992. Teelt van cichorei. DLV-team Akkerbouw Goes, brochure nr. 3.6.

Hee, L. van en L. Bockstaele, 1983. De teelt van cichorei. *Landbouwtijdschrift* 36 (3), pp. 999-1007.

Hutten, T.J.H.M. en R.A.C. Koster, 1991. Economische perspectieven van plantaardige industriële grondstoffen. In: *Agrobiologische Thema's deel 4: Gewasdiversificatie en Agrificatie*, eds. W.J.M. Meijer en N. Vertregt, CABO-DLO Wageningen The Netherlands, pp. 2-11.

Kruistum, G. van en H.H.H. Titulaer, 1991. N-voorziening tijdens de wortelteelt in relatie tot natrot in witlof. Xle tweejaarlijkse internationale witlofdagen, 20-21 sept. 1991, Arras (Fr.), D1-D2.

Meijer, W.J.M. en E.W.J.M. Mathijssen, 1991. Inu-

lineproductie via aardpeer of cichorei? In: *Agrobiologische Thema's deel 4: Gewasdiversificatie en Agrificatie*, eds. W.J.M. Meijer en N. Vertregt, CABO-DLO Wageningen The Netherlands, pp. 37-49.

Morrenhof, H. en C.B. Bus, 1990. Aardpeer, een potentieel nieuw gewas -teeltonderzoek 1986-1989-. PAGV-verslag nr. 99, mei 1990, 66 p.

Proft, M. de, G. Claessens, E. Schrevels en A. van Laere, 1991. Invloed van de stikstofbemesting op de ontwikkeling en produktiviteit van de witlofplant. Xle tweejaarlijkse internationale witlofdagen, 20-21 sept. 1991, Arras (Fr.), A1-A9.

Prött, W., 1993. Inulin, ein interessanter Stoff für die Nahrungsmittelindustrie. *Zuckerrübe*, 42 (1993)3, p. 130-131.

Rutherford, P.P. en E.W. Weston, 1968. Carbohydrate changes during cold storage of some inulin containing roots and tubers. *Phytochemistry* 7, pp. 175-180.

Spitters, C.J.T., 1990b. Modelling the seasonal dynamics of shoot and tuber growth of *Helianthus tuberosus* L. In: *Proceedings Third Seminar on Inulin*, ed. A. Fuchs, 1 March 1989, Wageningen, The Netherlands, NRLO report 90/28.

Vinke, P., H.E. van Dam en H. van Bakkum, 1988. De bereiding van enkele furanderivaten uit HMF. Verslag tweede themadag inuline. NRLO-rapport nr. 88/5, pp. 65-71.

Westerdijk, C.E., 1993. Pasklaar recept ontbreekt: onkruidbestrijding in cichorei vereist maatwerk. *Boerderij, Akkerbouwsupp.* 78 (1993)5, pp. 24-25.

# Carvonproduktie uit karwij- en dillezaad

ing. H.J. van der Mheen, ir. A. Evenhuis en  
ing. J.G.N. Wander

## Inleiding

Karwij (*Carum carvi*) is in Nederland een traditioneel verbouwd handelsgewas behorend tot de familie der schermbloemigen. Algemeen bekend is de tweejarige of winterkarwij die zich in het eerste teeltjaar, meestal onder een dekvrucht, vegetatief ontwikkelt. Na de winter, in het tweede jaar, komt de winterkarwij tot bloei en zaadvorming. Naast het oude loszadige ras Volhouden, staat er een vastzadig ras, Bleija, in de rassenlijst. Sinds een aantal jaren zijn er door het CPRO-DLO echter ook enkele eenjarige karwijselecties ontwikkeld. Hiervan is er één, onder de naam Karzo, als ras geregistreerd. Praktijkteelt van eenjarige karwijsoorten vindt nog nauwelijks plaats. Als handelsgewas bestaat er voor

karwijzaad een afzet op de vrije markt. De aanbod- en prijsfluctuaties zijn daarbij altijd aanzienlijk geweest, illustratief voor het speculatieve karakter van dit gewas. Door de lage prijzen is de Nederlandse teeltomvang de laatste jaren tot een minimum teruggelopen (124 ha; 1993). De karwijteelt is momenteel voor 90% te vinden in noord-oost-Groningen (Oldambt). Sinds kort vertoont de karwijprijs weer een stijgende lijn, en ligt nu op een relatief hoog niveau van rond de vier gulden. Figuur 9 geeft een beeld van het karwijareaal en de karwijzaadprijs gedurende de afgelopen 20 jaar.

Dille (*Anethum graveolens*) is in de Nederlandse akkerbouw een onbekend, werkelijk nieuw te noemen, gewas. Het is net als karwij een schermbloemige die in Nederland alleen op zeer beperkte schaal (<10 ha) als kruid wordt geteeld. Dille is een eenjarig gewas, met een snelle gewasontwikkeling en geel-

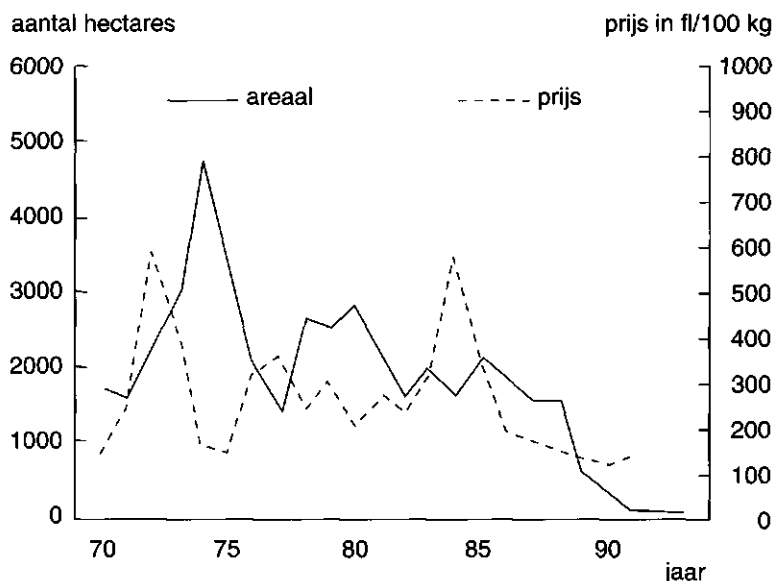


Fig. 9. Verloop karwijareaal en karwijprijs gedurende de afgelopen 20 jaar.

bloeiende bloemschermen. De afrijping van het zaad verloopt traag. Teelt voor de zaad-productie vindt in Nederland nauwelijks plaats. In Nederland zijn van dille geen specifieke zaadselecties beschikbaar.

Hoewel beide zaadsoorten ook vette oliën bevatten, worden de gewassen niet voor deze algemeen gangbare stoffen geteeld. Bij karwij en dille gaat het om de zogenaamde vluchtige of etherische olie uit het zaad, waarvan de component carvon ongeveer de helft uitmaakt. De andere helft van de olie bestaat uit de stof limoneen. Etherische oliën zijn cyclische aromatische verbindingen, voornamelijk terpenen, die in de praktijk nagenoeg altijd door middel van stoomdestillatie worden gewonnen. Het gehalte aan etherische oliën in zaden is, in vergelijking met vette oliën, in het algemeen laag. Karwijzaad bevat 4-6% vluchtige olie; in dillezaad is het gehalte gemiddeld nog iets lager (3-4%). Aromatische stoffen worden dikwijls als geur- en smaakstof gebruikt. Het traditionele gebruik van karwij is op het bezit van deze etherische olie gebaseerd. Karwijzaad wordt als kruiden in de consumptieve sfeer gebruikt, onder andere in vleeswaren, bakkerijprodukten en in kruidenthee's. De etherische karwijolie wordt als smaakstof in tal van produkten zoals tandpasta, kauwgum en likeuren toegepast. Betrekkelijk nieuw en nog volop in onderzoek, is de toepassing van etherische oliën, of componenten daarvan (onder andere carvon), als biologisch actieve stoffen waaraan fungicide, bactericide, kiemremmende, antioxidante en weekmakende (met betrekking tot plastics) eigenschappen worden toegevoegd. Dit vormde de aanleiding voor een aantal instituten om, op initiatief van karwijteelers, een onderzoeksprogramma over de karwijteelt en de toepassingsmogelijkheden van karwij te formuleren. In 1990 werd op basis daarvan een vierjarig Nationaal Karwijprogramma gestart. Hierin wordt door een tiental instituten en instellingen aan een groot aantal onderwerpen, van de karwijteelt tot de chemische toepassingen van de etherische olie en carvon, onderzoek uitgevoerd. De PAGV-taak in dit programma is onderzoek naar beperking van schade door verbruiningsziekte

en teeltoptimalisatie-onderzoek.

Los van dit omvangrijke karwijprogramma werd al vanaf 1988 op het PAGV, in samenwerking met het ATO-DLO, oriënterend gekeken naar de produktiemogelijkheden van etherische olie en carvon uit dille. De perspectiefvolle proefresultaten daarvan resulteerden, in 1991, in een PAGV/ATO onderzoeksproject met als doel de zaad- en carvonopbrengsten van winter- en zomerkarwij en dille met elkaar te vergelijken. Dit omdat eenjarige carvongewassen door de geringere teeltkosten en teeltrisico's een interessante optie zouden kunnen zijn. Inmiddels wordt dille nu ook meegenomen in een tot carvonproducerende gewassen verbreed onderzoeksproject dat van 1993 tot en met 1995 zal worden uitgevoerd door de DLO-instituten CABO (tegenwoordig AB-DLO) en CPRO, het PAGV en het Van Hall-instituut.

Carvon komt, chemisch gezien, voor in twee verschillende optische vormen. In de etherische olie van dille- en karwijzaad is carvon in één specifieke zuivere vorm, als het zogenoemde (d)-carvon, aanwezig. Juist deze (d)-carvon is zeer geschikt voor het gebruik als kiemremmer bij aardappelen. Deze perspectiefvolle toepassingsmogelijkheid van carvon is inmiddels een eind op weg in de richting van praktijkintroductie. Voor een volledige vervanging in Nederland van synthetisch/chemische kiemremmers door middelen op basis van carvon zou gerekend kunnen worden op een productiebehoefte van 9- tot 10.000 ha karwij en/of dille. Het kostenaspect vormt echter nog een belangrijk probleem bij de toepassing van carvon in de aardappelbewaring. Om de toepassingskosten te verlagen zal de formulering en toepassing van het carvon-kiemremmingsmiddel verder moeten verbeteren, zodat de dosering verlaagd kan worden. Om de kostprijs te verlagen zal het teelt- en veredelingsonderzoek geheel gericht moeten zijn op de productie van zoveel mogelijk etherische olie en carvon per hectare. In deze beschouwing zullen de produktiemogelijkheden, de knelpunten daarbij, de verwerking en afzet, en de economie van de zaad- en carvonproductie door karwij en dille worden behandeld.



Bloeiend gewas winterkarwij.

## Produktiemogelijkheden karwij en dille

Bij de produktiemogelijkheden van zaad, etherische olie en carvon moet onderscheid worden gemaakt tussen winterkarwij, zomerkarwij en dille. Van winterkarwij zijn over een reeks van jaren praktijkgegevens bekend. Met zomerkarwij en dille is in Nederland nog maar weinig teeltervaring opgedaan. In tabel 18 worden op basis van praktijkervaringen, proefveldgegevens, en inschattingen de gerealiseerde en potentiële te behalen opbrengsten weergegeven.

Een praktijkzaadopbrengst van 2000 kg kan bij winterkarwij een goed resultaat genoemd

worden. Het etherische oliegehalte van winterkarwij ligt rond de 4.1%. Ongeveer 55% van de olie bestaat uit carvon. Zomerkarwij heeft een duidelijk lagere zaadproduktie, en een lager oliegehalte dan winterkarwij. Er zijn voor dit gewas alleen opbrengstgegevens uit proeven en proefteelten. Dit geldt ook voor dille. De praktijkopbrengst van 2300 kg voor dille is een gemiddelde van zes jaar proeven en proefteelten van het PAGV. Het oliegehalte van zomerkarwij en dille ligt op ongeveer hetzelfde niveau; het carvongehalte van dille is lager dan van karwij. Het carvonaandeel in de olie ligt bij dille op 47% en bij winter- en zomerkarwij rond de 55%.

De opbrengstvariaties zijn bij alle drie de gewassen aanzienlijk. In proeven is bij winterkarwij een opbrengst van 3200 kg gehaald,

**Tabel 18.** Gerealiseerde en potentiële winterkarwij-, zomerkarwij- en dille-opbrengsten (zaad in kg per hectare en inhoudstoffen in % daarvan).

	gerealiseerde zaadopbrengst in proefvelden			potentiële zaadopbr.	inhoudstoffen % (gemiddeld)	
	laagste	hoogste	gem.		eth.olie	carvon
winterkarwij	500	3200	1800	4000	4.1	2.2
zomerkarwij	300	2500	1200	3500	3.5	2.0
dille	0	3800	2300	4500	3.4	1.6

maar oogsten van 500 kg kwamen ook voor. Daarbij moet worden aangetekend dat volledig mislukte teelten van winterkarwij die onvoldoende de winter zijn ingegaan en voortijdig werden ondergeploegd, buiten beschouwing zijn gelaten. Bij zomerkarwij kan de opbrengst ook behoorlijk variëren. Er zijn echter er nog weinig praktijkgegevens beschikbaar. Bij dille is de schommeling het grootst sinds de volledige misoogst van dit gewas op het PAGV in 1993. In 1990 werd echter een topopbrengst van 3800 kg gehaald.

### Wat is potentieel mogelijk bij deze gewassen?

Van winterkarwij zijn in de literatuur proefveldopbrengsten van 4000 kg gemeld (Dusek, 1992). In Nederland is op proefveldschaal 3200 kg gehaald. Er bestaan geen modelstudies over de theoretische opbrengstpotentie van karwij. De lange, immers tweejarige, groeiperiode van winterkarwij biedt in principe goede mogelijkheden voor hoge drogestofproducties. Aan de andere kant lijkt bij karwij veel potentiële opbrengst verloren te gaan door de zeer uitbundige

doorbloei van zijschermen. Gesuggereerd is wel dat hierdoor een tekort aan assimilaten zou ontstaan voor een goede zaadzetting en zaadvulling (Bouwmeester, 1991). Meestal worden slechts alleen de hoofd- en de eerste orde-schermen, en vaak nog onvolledig, met zaad bezet. De vruchtbeginsels worden dikwijls onvoldoende gevuld of aborteren. Veredelingswerk kan mogelijk voor planttypes zorgen met een, in dat opzicht, efficiëntere productie. Te verwachten is dat door het gebruik van vastzadige karwijtypen en een optimalisatie van plantdichtheid, oogsttijdstip en oogstmethode de oogstbare karwijzaadopbrengst te verhogen is. De grootte van die verhoging is moeilijk in te schatten, maar een zaadopbrengst van 4000 kg wordt mogelijk geacht. Het oliegehalte zal door veredeling met 20-50% kunnen worden verhoogd. De carvon/limoneen-verhouding lijkt, bij zowel karwij- als dillezaadolie, op een vrij vast, genetisch bepaald, niveau te liggen.

Zomerkarwij zal vanwege de kortere groeiperiode vooralsnog in de zaadopbrengst bij winterkarwij achterblijven. Ook bij dit gewas moet middels selectiewerk de uitbundige doorbloei en matige zaadzetting worden beperkt.

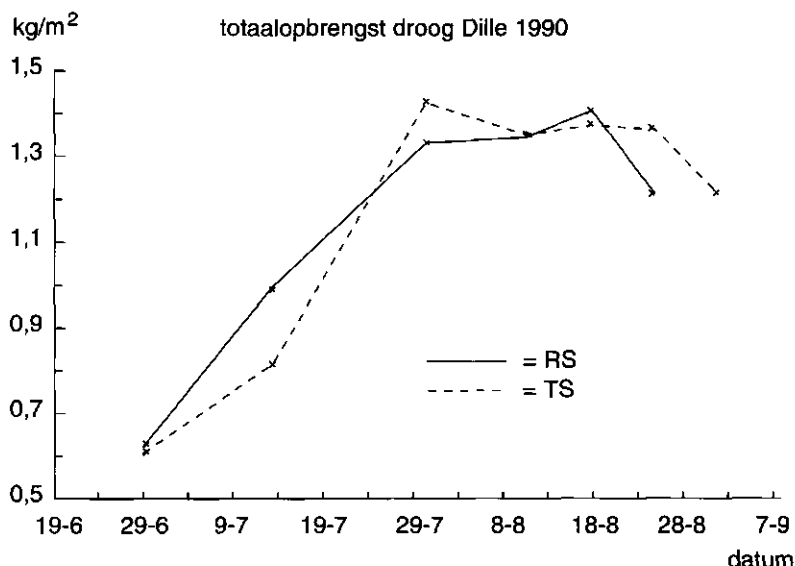
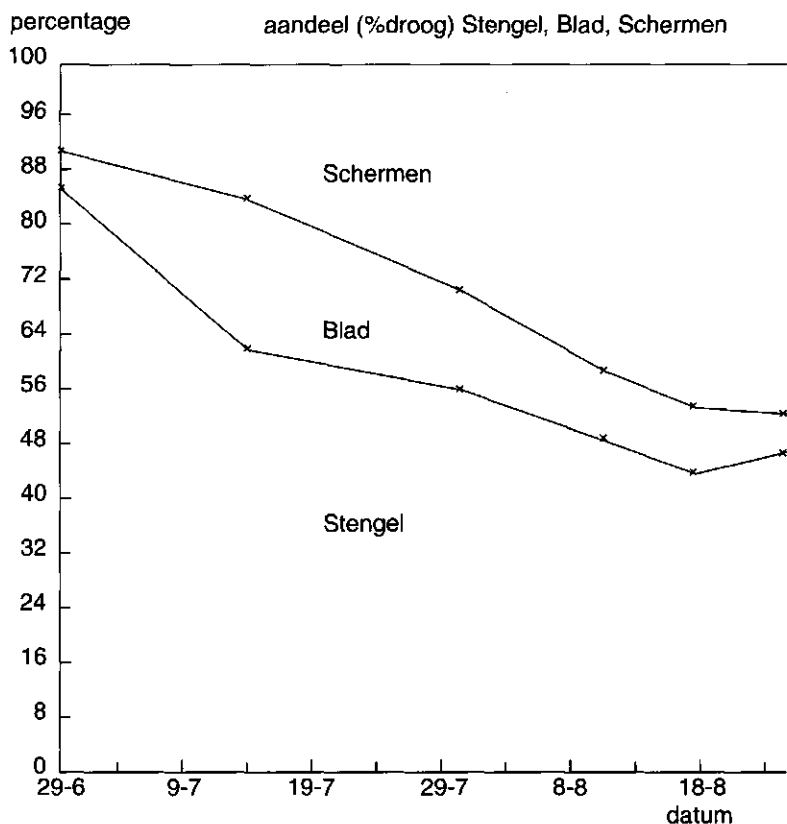


Fig. 10. Verloop drogestofproductie van twee dilleselecties in 1990.



**Fig. 11.** Verloop stengel-, blad- en bloemscherm-gewichtsaandeel, van de dille-selectie RS, gedurende het seizoen 1990.

De goede vastzadigheid voorkomt zaadverliezen. Bij dit gewas lijkt een opbrengst van 3500 kg haalbaar. Het oliegehalte ligt tot nu toe ook op een lager niveau dan bij winterkarwij. Getracht wordt de genetische basis die bij winterkarwij verantwoordelijk is voor het (hogere) olie- en carvongehalte, binnen de eenjarige karwij terug te krijgen.

Dille lijkt potentieel een hoge zaadproductie te bezitten. Figuur 10 geeft een beeld van de totale drogestofproductie van twee dilleselecties gedurende de groei in 1990.

Begin juni wordt, bij een gewaslengte van 50 cm, een gesloten gewas gevormd. Eind juni begint de bloei. Het gewas is dan intussen 1.20 m hoog. Tijdens de bloei, die in 1990 tot eind juli duurde, neemt de drogestofproductie explosief toe. Gedurende de zaadvulling bereikt dit een optimum van zo'n 14 ton per ha!

Daarna 'verslijt' het gewas. Het verloop, gedurende het seizoen, van het stengel-, blad- en bloemscherm-aandeel in de totale drogestof wordt weergegeven in figuur 11.

Het bloemscherm-gewichtsaandeel neemt gedurende de zaadvorming steeds toe en bereikt uiteindelijk zo'n 40% van de totale drogestofproductie. Hoewel moet worden uitgegaan van het zuivere zaad in plaats van het schermgewicht benadert dille bij de productie van zaad dus een harvest-index tussen de 0.3-0.4. Gezien de gewas-drogestofproductie lijkt dille dan ook een goede opbrengstpotentie te bezitten. Bedacht moet daarbij worden dat tot nu toe willekeurige dilleherkomsten zijn gebruikt, en nog niet naar specifieke dillezaadrassen is gezocht. De in tabel 18 vermelde potentiële opbrengst van 4500 kg be-

treft dan ook een schatting. Door selectiewerk moet de gewasstevigheid, de vroegheid en zaadvastheid, en het olie- en carvongehalte ongetwijfeld te verbeteren zijn. Er zijn aanwijzingen dat door een optimale keuze van het oogstmoment, zowel gedurende het zaadrijpingstraject als gedurende de dag, het carvongehalte en de carvonopbrengst van dille te verhogen zijn. Dit geldt overigens ook voor karwij. Bij een experiment met beide gewassen in 1991, waarbij gedurende anderhalf etmaal iedere drie uur een zaadmonster geoogst werd, kwam, na analyse van de monsters, een duidelijke etmaalf fluctuatie van het oliegehalte naar voren. Om 3 uur 's nachts was het oliegehalte maar liefst 30% hoger dan om 15 uur 's middags. In 1992 en 1993 werden deze resultaten niet bevestigd.

## Teeltknelpunten

De teelt van winterkarwij en dille zijn beschreven in PAGV-teelthandleidingen (Wander, 1994; Van der Mheen, 1994). Enkele knelpunten in de teelt worden hieronder nader toegelicht.

### Dekvruchten

Bij winterkarwij is in het eerste jaar de gewasontwikkeling onder dekvruucht en de groei in het najaar soms onvoldoende. Karwij met een worteldikte voor de winter van minder dan 6 mm vernaliseert niet en komt in het daaropvolgende jaar niet tot bloei. In het verleden is de ontwikkeling van karwij onder verschillende dekvruchten vergeleken. Zaai in dekvruucht erwten (voor de droge-zaadteelt) bleek daarbij de beste karwijontwikkeling te

geven. Dit wordt door recent onderzoek uit 1993 bevestigd. Tabel 19 geeft daarvan, voor de belangrijkste objecten, een indruk.

Uit dit onderzoek komt zomergerst als dekvruucht iets gunstiger naar voren dan zomertarwe. De rijenafstand en de bemesting van de dekvruucht, en de bemesting van de karwij in het najaar zijn daarbij echter ook van invloed. Waarschijnlijk kan het iets toegeven op de opbrengst van de dekvruucht, de karwijopbrengst ten goede komen. Voor inzaai van karwij na een hoofdgewas is het in de meeste gevallen te laat. De najaarsontwikkeling van karwij bij zaai na half-juli is onvoldoende en omgeven met de nodige risico's.

### Plantaantal

Bij winterkarwij is het, gezien de onvoorziene ontwikkeling onder de dekvruucht en in het najaar, moeilijk om, uitgaande van een gegeven zaaizaadhoeveelheid, het voor de winter optimaal geachte vernaliseerbare plantaantal van 110 planten per m<sup>2</sup>, en de verdeling daarvan, te sturen.

Bij zomerkarwij en dille is de optimale plantdichtheid en plantverdeling nog niet onderzocht. Middels de zaaizaadhoeveelheid en rijenafstand lijkt dit echter redelijk goed te bepalen. Plantaantallen van 100-150 planten per m<sup>2</sup> zorgen bij dille en zomerkarwij voor goede bestanden. Dit kan worden gerealiseerd met zaaizaadhoeveelheden van 5 kg per ha bij dille en 6 kg per ha bij zomerkarwij. Beide gewassen zijn in staat een dunne gewasstand te compenseren door een forsere groei van individuele planten.

De tot nu toe gebruikte dilleselecties zijn heterogeen en vormen gemakkelijk een lang en zwaar gewas. Met zowel de zaaizaadhoe-

**Tabel 19.** Aantal karwijwortels, dikker dan 6 mm en gemeten in november, bij verschillende dekvruchten en open-land-zaai.

object (dekvruucht)	aantal karwijwortels/m <sup>2</sup> >6 mm
zomertarwe	59
zomergerst	72
erwten	93
open-land-zaai 15/5	219
open-land-zaai 15/7	48



veelheid als met de stikstofbemesting moet, om gewaslegering te voorkomen, zeer voorzichtig worden omgegaan.

Onkruidbestrijding

De onkruidbestrijding zorgt in winterkarwij dikwijls voor problemen. De stand waarop karwij onder de dekvrucht vandaan komt en de gewasontwikkeling in het najaar zijn bepalend voor de ontwikkeling van onkruid en de inzetmogelijkheid van herbiciden. In zachte winters kunnen dunne karwijbestanden veronkruiden. Dit tengevolge van doorgroeiend en sterk afgehard onkruid dat zich in het voorjaar moeilijk meer laat bestrijden en in de karwij grote concurrentie veroorzaakt. De eenjarige carvongewassen, zomerkarwij en dille, hebben geen problemen met de ontwikkeling onder een dekvrucht en mogelijke veronkruiding in een winterperiode. Onkruid kan vanaf het begin, met een herbicide aan de basis, goed bestreden worden. Het krijgt later door de gewasgroei weinig kansen meer.

Verbruining karwij

Een van de teeltrisico's is het optreden van verbruining in winter- en zomerkarwij. In 1990 is hiernaar op het PAGV onderzoek begonnen. Het doel is op grond van de biologie van het pathogeen maatregelen te genereren die de schade door verbruining kunnen beperken. De ziekte wordt veroorzaakt door de schimmel *Mycocentrospora acerina*. De

schimmel overleeft in de grond, op stroresten, op vatbare onkruiden en in het zaad. Zaadbesmetting tot 50% is gevonden. Perceelskeuze en gezond uitgangsmateriaal zijn van belang voor een goede start van de teelt. Het PAGV is bezig, in samenwerking met IPO-DLO en het Van Hall-Instituut, om toetsen te ontwikkelen die besmetting van zaad en perceel kunnen aantonen. Het belang van de onkruiden en vatbare dekvruchten in de overleving van *M. acerina* is aan te pakken door een goede onkruidbestrijding en keuze van de dekvrucht. Met name spinazie en in mindere mate erwten zijn vatbaar voor *M. acerina*. In de kas bleek dille eveneens vatbaar voor *M. acerina*, maar in het veld is tot nu toe geen aantasting waargenomen. Het optreden van de ziekte hangt waarschijnlijk samen met de regenval in de periode van schieten en bloei van de karwij. Naarmate een gewas langer nat blijft zal verbruining meer problemen opleveren. In proeven zijn opbrengstverliezen door verbruining tot 50% waargenomen in gelegeerde winter- en zomerkarwij. Risico's kunnen verkleind worden door een niet al te zwaar gewas te telen. Bij vroegtijdige legering mogen grote problemen verwacht worden. Beperking van de stikstofgift (zie tabel 20), kan de kans op verbruining verkleinen.

In proeven bleek de zaaizaadhoeveelheid en de rijenafstand het voorkomen en de mate van verbruining te beïnvloeden. De gevonden effecten waren niet op elke locatie en in elk jaar even duidelijk. Toch lijkt verlaging

Tabel 20. Effect van de stikstofgift op verbruining in zomerkarwij in 1992 en 1993 met en zonder inoculatie van *M. acerina*.

		percentage zieke planten	
		controle	inoculatie*
1992	40	1	13
	100	1	30
1993	40	73	99
	100	89	100
	160	93	100

\*) inoculatie is vergelijkbaar met een zware natuurlijke infectiedruk

**Tabel 21.** Effect van zaaizaadhoeveelheid op verbruining in zomerkarwij, gemiddeld over 1992 en 1993.

zaaizaadvh. (kg/ha)	pl/m <sup>2</sup>	mate van aantasting*	
		controle	inoculatie
4 kg/ha	65	5.5	17.2
8 kg/ha	103	5.9	21.5

\*) percentage van de hoofdstengel aangetast door de schimmel

**Tabel 22.** Effect van zaaizaadontsmetting op opkomstpercentage en omvalpercentage van kiemplanten van karwij door *Mycocentrospora acerina* in de kas bij verschillende infectiedruk.

middel*	opkomstpercentage				omvalpercentage			
	o.	f.	c.	i.	o.	f.	c.	i.
infectiedruk**								
0	91	90	93	91	0	0	0	0
1000	56	53	93	87	68	64	15	6

\*) o: onbehandeld, f: fosetyl-aluminium, c: carbendazim, i: iprodion; de middelen zijn niet toegelaten voor zaadontsmetting in karwij

\*\*) infectiedruk in aantal chlamydosporenketens per gram grond

van de zaaizaadhoeveelheid en een niet te nauwe rijenafstand het optreden en de schade door verbruiningsziekte te beperken (tabel 21).

Bespuiting met Rovral (iprodion) tegen *Sclerotinia* heeft een nevenwerking tegen de verbruiningsziekte. Onderzoek ter bepaling van het optimale moment van toepassing loopt nog.

Ter bevordering van de opkomst en kiemplantontwikkeling kan door zaadontsmetting een bijdrage worden geleverd. In de kas is de bescherming door de niet voor zaaizaadontsmetting in karwij toegelaten middelen iprodion en carbendazim bij hoge inoculumdruk zeer goed. In het veld worden nog proeven uitgevoerd.

## Zaadvorming

Normaal geeft de ontwikkeling van winterkarwij in het tweede teeltjaar geen problemen. Reeds in mei komt het gewas in bloei; begin juli kan het zaad geoogst worden. De bloei en afrijping van winterkarwij vindt meestal onder

gunstige weersomstandigheden plaats. Slecht weer tijdens de bloeiperiode lijkt overigens een negatieve invloed op de zaadvorming te hebben.

Een nadeel van de eenjarige carvongewassen is dat ze laat bloeien (juni/-juli) en afrijpen (augustus/september). Tijds inzaai, in de tweede helft van maart, is een voorwaarde voor een vroege ontwikkeling. Het risico van nachtvorstschade bij vroege zaai lijkt gering, maar is evenwel niet geheel uit te sluiten. De gevoeligheid van zomerkarwij voor regen tijdens de bloei en voor afrijpingsziekten lijkt wat minder te zijn dan bij winterkarwij. In 1993 werden ondanks zeer slechte weersomstandigheden redelijke opbrengsten gehaald.

De bloei van dille is uitbundig, maar er worden beperkt zijschermen gevormd. Insektenbezoek lijkt een voorwaarde voor bevruchting. Aanhoudend slecht en regenachtig weer tijdens de bloei, zoals in 1993, kan zaadvorming volledig teniet doen. De rol van schimmelziekten daarbij is nog onvoldoende duidelijk. Maar het weerrisico gedurende de bloei is bij dille zeer aanzienlijk. Onder 'normale'

omstandigheden is de zaadzetting echter goed en nagenoeg volledig. Overige opbrengstbeperkende ziekte-aantastingen zijn nog niet geconstateerd. De afrijping verloopt traag en onregelmatig.

## Oogstmethode

Loszadige winterkarwijrassen worden voor de zaadoogst eerst in het zwad gemaaid. Dit zwadmaaien dient tijdig plaats te vinden. Het te laat en voldoende afgerijpt willen oogsten van loszadige winterkarwij kan leiden tot grote opbrengstverliezen (tot 50%). In het onderzoek is ook goede ervaring opgedaan met een tijdige oogst van karwij (bij 20-30% vocht) direct van stam. Het is niet onmogelijk dat de lichte daling in het oliegehalte die in karwij is opgetreden rond het eind van de vijftiger jaren, te maken heeft met de omschakeling naar het dorsen met modernere (combine-)maaidorsers.

Uit PAGV-onderzoek van het afgelopen jaar (1993) bleek dat het carvongehalte enigszins positief beïnvloed wordt door vermindering van het toerental van de dorstrommel. De gegevens van deze proef staan vermeld in tabel 23. Bij karwij en dillezaad bevindt de etherische olie zich in zogenaamde oliestriemen aan de oppervlakte van de zaadhuid. De verlaging van het carvonpercentage kan worden

veroorzaakt door mogelijke vervluchtiging van de olie bij beschadiging van de zaadhuid door hogere toerentallen van de dorstrommel. Het zaadvochtgehalte was bij dit experiment hoog (30%). Bij een lager vochtgehalte is het effect vermoedelijk sterker.

Het beproefde zomerkarwijras Karzo is zeer zaadvast en goed van stam te dorsen.

Dillezaad kan ook bij hoge vochtpercentages (tot 50%) met de maaidorser direct van stam worden geoogst. Zwadmaaien wordt bij dit gewas, in verband met de eenvoudige zaaduitval, zeer risicovol geacht. Toch is er in 1993 in een dille-teeltproef met zwadmaaien een goede ervaring opgedaan.

## Oogsttijdstip

Volgens de literatuur is een vroege oogst gunstig voor het carvongehalte (Porter, et al., 1983). Bij het in de proeven doorgevoerde oogsttraject werd dit bij winterkarwij slechts in geringe mate, en bij zomerkarwij en dille niet bevestigd. Tabel 24 geeft hiervan een indruk (Van der Mheen & Muuse, 1993).

Onderzocht moet worden of er werkelijk sprake is van een gehalteverloop en een mogelijk optimum in het oliegehalte ruim vóór de volledige afrijping. Daarbij zal bekeken moe-

**Tabel 23.** Carvonpercentage winterkarwij en dille bij twee verschillende toerentallen van de dorstrommel.

	± 450	± 1150 toeren/min
winterkarwij	2.9	2.7
dille	2.0	1.8

**Tabel 24.** Verloop carvongehalte bij vier oogsttijden gedurende de afrijping.

	eerste-	tweede-	derde-	vierde-oogst
winterkarwij*	2.23	1.91	2.07	2.02
zomerkarwij**	1.73	1.71	1.86	1.74
dille**	1.50	1.56	1.60	1.69

\*) gegevens uit één proef in 1991

\*\*) gemiddelde proeven 1991 en 1992, waarbij getracht werd tussen de oogsttijdstippen vier dagen aan te houden

ten worden hoe de aangenomen daling van olie- en carvongehalte gedurende de afrijping zich verhoudt tot de gewichtstoename van de oogstbare biomassa in die periode (het carvonrendement dus).

Daar dillezaad gemakkelijk uitvalt, moet dit gewas op tijd, bij drogestofpercentages van rond de 50-60%, geoogst worden. Dit is technisch mogelijk, maar vereist een snelle verwerking of brengt droogkosten met zich mee. Met name bij dille moet in dit kader de mogelijkheid voor verse destillatie van onrijpe gewastoppen serieus worden onderzocht. Dit ondervangt de noodzaak van zaaddroging, levert wellicht een hogere carvonopbrengst op. Het voorkomt de uitval van rijp zaad, en daarmee opslag in volggewassen.

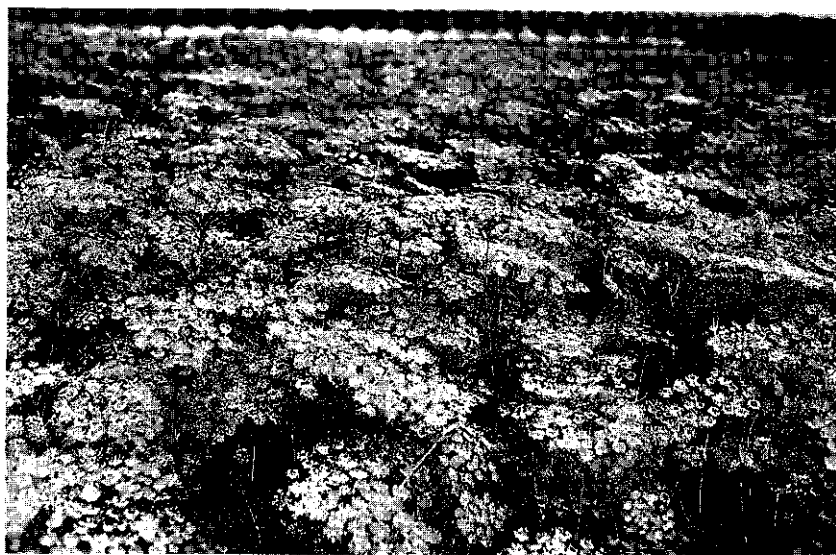
## Rol van karwij en dille in het bouwplan

Voor de teelt van winterkarwij is een geschikte dekvrucht noodzakelijk. De tendens is dat de hiervoor geschikte gewassen, als erwten en spinazie, uit het bouwplan verdwijnen. Dille en zomerkarwij zijn als eenjarige teelten gemakkelijker in het bouwplan in te

passen dan winterkarwij.

Karwij heeft een gunstige invloed op de structuur van de grond. Van dille is deze specifieke werking niet bekend. Dille lijkt zowel op zware klei als op lichte zavelgronden goed geteeld te kunnen worden.

Op de zwaardere gronden zullen bij beide gewassen waarschijnlijk geen problemen door nematoden optreden. Op lichtere gronden kunnen vrijlevende aaltjes, als *Paratylenchus bukowinensis* en het wortellesie aaltje (*Pratylenchus penetrans*), karwij aantasten. Van karwij en andere schermbloemigen is bekend dat ze vatbaar zijn voor wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.). In hoeverre dit ook geldt voor dille is niet bekend. Beide gewassen zijn waarschijnlijk niet vatbaar voor cystenaaltjes. Aantasting door de rattekeutelziekte (*Sclerotinia*) is in beide gewassen waargenomen. In de karwijteelt kan de schimmel goed chemisch bestreden worden. Daarnaast zijn er perspectieven voor biologische bestrijding (pers. meded. Gerlagh). Verwelkingsziekte (*Verticillium dahliae*) kan op karwij en waarschijnlijk ook op dille vermeerderen en schade geven. Om de kans op schade door de rattekeutelziekte of de verwelkingsziekte in karwij/dille en in een vatbaar volggewas te verminderen, is het aan te bevelen graan als tus-



Bloeiend gewas dille.

sengewas te nemen.

Verbruining (*M. acerina*) is onder andere een probleem in karwij, wortelen, selderij en andere schermbloemigen. In het traditionele bouwplan zitten geen gewassen die problemen kunnen ondervinden door *Mycocentrospora acerina*. Gezien de geringe omvang van de teelt op bedrijfsniveau zijn geen vruchtwisselingsproblemen te verwachten met ziekten en plagen en geven de gewassen met betrekking tot bodempathogenen geen extra risico's in het bouwplan.

Uitgevallen dillezaad blijft jarenlang kiemkrachtig en kan voor opslagproblemen zorgen in nateelten. In gewassen waarin groeistoffen toepasbaar zijn is dille goed te bestijden. Bij de vruchtwisseling zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

## Saldo en economie

Praktijkmatige produktie van karwij en dillezaad gericht op de winning van carvon vindt in Nederland tot op heden niet plaats. De bijbehorende specifieke teelt- en afzetstructuur is hiervoor nog niet aanwezig. Voor karwij als handelsgewas, gericht op afzet in de traditionele sectoren, is er een vrije marktprijs die eind 1993 op, het relatief hoge niveau van f 4,- ligt. Voor de opzet van een saldoberekening voor karwij en dille, specifiek als carvonproducerende gewassen kunnen verschillende uitgangspunten gehanteerd worden.

Er kan worden uitgegaan van de vrije marktprijs voor karwij, en een afzet voor die prijs op zowel de traditionele markt (veelal de consumptieve sector) als voor de grondstof van carvon. Het gevaar daarbij is aanzienlijk dat carvonproduktie uit karwijzaad economisch niet interessant zal zijn. Of er moet al uitgegaan worden van de, optimistisch geachte, gedachte dat een toenemende carvonbehoefte de prijs voor karwijzaad evenredig opstuwt. Voor Nederlands dillezaad bestaat er geen traditionele afzet en bijbehorende marktprijs, zodat bij dit gewas een gecontroleerde volledige verwerking tot carvon plaats kan vinden, tegen een daarop afgestemde prijs. Deze eenzijdige afzetstroom biedt bovendien een mogelijkheid om dille op een ad-

ministratief eenvoudiger wijze als non-food gewas te verbouwen en hiervoor de bijbehorende EG-subsidie, bij teelt op braakland, te incasseren. Bij afzet van karwijzaad op een vrije markt kan geen subsidie voor non-food verwerking (tot carvon) worden geclaimd. Te verwachten valt dan ook dat voor het afdekken van de carvonbehoefte de verbouw van karwij en dille, alleen plaats zal gaan vinden op basis van een non-food contract tegen een op de carvonopbrengst gebaseerde vergoeding.

Het meest realistisch is het om de gemiddelde wereldmarktprijs van carvon als basis te nemen voor het haalbare financiële rendement bij carvonproduktie uit karwij en dille. In de beschouwing over de mogelijke carvonprijs lijkt het daarbij zinvol om de toepassingskosten van carvon als kiemremmingsmiddel te belichten.

De fabrikant van het uiteindelijke aardappelkiemremmingsmiddel uit carvon, de firma Luxan, koopt op de wereldmarkt zuivere (d)-carvon voor circa f 70,- per kg (pers. meded. Diepenhorst). Dit is een gemiddelde wereldmarktprijs die overigens nogal kan fluctueren. Op het moment ligt de prijs, bij f 120,- per kg, hoog. Zuivere (d)-carvon kan echter soms ook voor slechts f 40,- per kg worden aangeschaft. Voor een reëel beeld wordt in deze beschouwing met een (voor het moment dus lage) gemiddelde prijsniveau van f 70,- per kg carvon gerekend.

Voor de verwerking af-boerderij van karwij- of dillezaad tot carvon moet, in de optiek van Cebeco, f 50,- worden gerekend (pers. meded. Diepenhorst). In die opzet blijft er voor de grondstof aan de teler niet meer dan f 20,- per kg carvon over. 2300 kg karwij of dillezaad per hectare, met 1.6% carvon, levert 36.8 kg carvon per ha. Bij een te betalen prijs van f 20,- resulteert dit in een opbrengst van f 736,- per ha uit carvon. Bij de respectievelijk het in dit voorbeeld gehanteerde zaadopbrengst en carvongehalte komt dit neer op een prijs van 32 cent per kg zaad. Dit is slechts circa 10% van de huidige vrije-marktprijs van karwijzaad! Een non-food subsidie van (in 1993 op kleigrond) f 1075,- is in deze berekening noodzakelijk om de produktie van

carvon uit karwij- en dillezaad, voor de teler minimaal mogelijk te maken.

Op basis van deze uitgangspunten kunnen de saldoberekeningen van de gewassen winterkarwij en dille naast elkaar gezet worden. Zomerkarwij wordt buiten beschouwing gelaten.

De saldoberekening geeft aan dat de bruto-opbrengst uit carvon van dille en karwij, bij de gemiddelde praktijk-zaadproducties en -gehalten, nagenoeg gelijk is. Dille heeft lagere toegerekende kosten waardoor het saldo bij eigen mechanisatie bijna f 400,- hoger uitkomt. Bij de berekening is uitgegaan van verse verwerking. Moet het oogstproduct door omstandigheden wel gedroogd worden, dan zijn de kosten daarvan voor dille (vanwege de oogst bij een lager ds%) aanzienlijk hoger dan bij karwij, waardoor het verschil in toegerekende kosten kleiner wordt.

In de hier weergegeven berekeningen blijven het marginale saldi. De teelt moet absoluut in eigen mechanisatie kunnen worden uitge-

voerd. Dille kan weliswaar de eigen toegerekende kosten uit de opbrengst van het hoofdproduct vergoeden (karwij net niet), maar beide gewassen kunnen de non-food premie niet missen. In de toegerekende kosten zit nauwelijks rek. Anderzijds zullen voor de realisatie van een grotere zaad- en carvonproductie de toegerekende kosten niet noemenswaardig hoeven te stijgen. De carvon-opbrengst die per hectare gehaald wordt moet in de richting van de 50-60 kg wil het, met behoud van de non-food premie, een enigszins interessant gewas worden. Bij dille is dit haalbaar bij een zaadopbrengst van 3440 kg met 1.6% carvon. Karwij met 2.2 % carvon moet, voor 55 kg carvon, 2500 kg zaad opbrengen. Dit is door teeltoptimalisatie mogelijk, zeker wanneer door selectie en veredeling het carvongehalte omhoog kan worden gebracht. Figuur 12 geeft een overzicht van de bruto financiële opbrengsten bij verschillende zaadopbrengsten en carvongehaltes bij winterkarwij en dille. Opbrengsten van

**Tabel 25.** Saldoberekeningen winterkarwij- en dillezaad voor de productie van carvon.

omschrijving	winterkarwij			dille		
<i>Opbrengst:</i>						
Zaadopbrengst x carvongehalte=	1800 x 2.2%=			2300 x 1.6%=		
Carvonopbrengst:	39.6 kg			36.8 kg		
x carvonprijs=	x f 20,-=			x f 20,-=		
Opbrengst hoofdproduct carvon	f 792,-			f 736,-		
Non-food subsidie klei	f 1075,-			f 1075,-		
<b>BRUTO OPBRENGST (A)</b>	f1867,-			f1811,-		
<i>Toegerekende kosten:</i>						
Zaaizaad	5	13	65	5	20	100
Meststoffen						
N	160	1,07	171	50	1,07	54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	95	0,86	82	30	0,86	26
K <sub>2</sub> O	80	0,56	45	150	0,56	84
Gewasbeschermingsmiddelen						
onkruiden	210			59		
ziekten en plagen	164			-		
Overige produktgebonden kosten						
rente/Verzekering	60			36		
drogen	-			-		
<b>TOTAAL TOEGEREKENDE KOSTEN (B)</b>	f 797,-			f 359,-		
<b>SALDO PER HA E.M. (A-B)</b>	f 1070,-			f 1452,-		

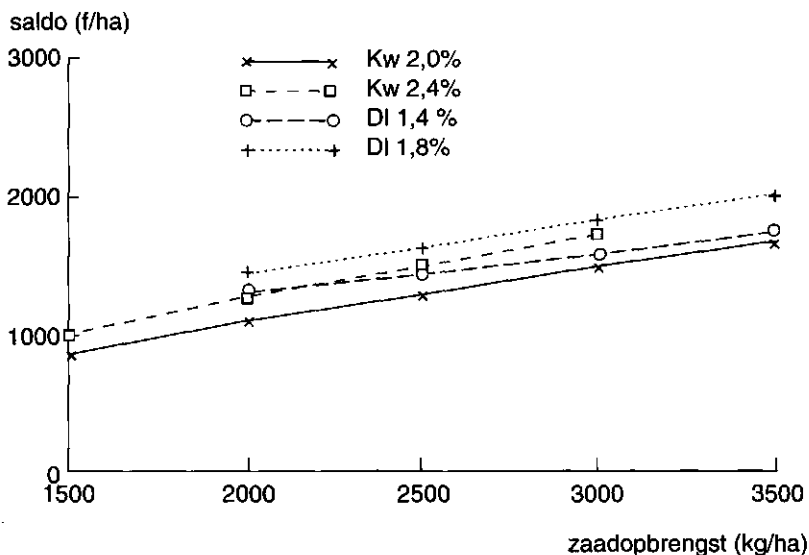


Fig. 12. Bruto opbrengsten winterkarwij en dille bij verschillende zaad-opbrengsten en carvongehaltes.

de vooreerst meest realistische combinaties worden hierin weergegeven. Er is uitgegaan van gelijkblijvende toegerekende kosten, een carvonprijs van f 20,- per kg en een non-food braakpremie op kleigrond van f 1075,-.

Heel anders wordt het verhaal wanneer kan worden uitgegaan van hogere carvonprijzen. Wordt per kg carvon (op basis van de actuele carvonprijs op de wereldmarkt) een nettoprijs voor de teler van f 70,- in plaats van f 20,- per kg gehanteerd, dan zijn alleen al vanuit het hoofdprodukt bruto opbrengsten van rond de f 2700,- te realiseren. Zelfs zonder non-food-subsidie kunnen dan redelijke saldi worden bereikt. Het is echter de vraag of zo'n hoog prijsniveau de introductie van carvon als kiemremmingsmiddel, en daarmee een substantiële productie van carvon uit karwij en dille, niet in de weg staat.

Uitgaande van de gemiddelde carvonprijs kost de carvonformulering die voor de toepassing van carvon als aardappelkiemremmingsmiddel is ontwikkeld circa f 80 per kg (pers. meded. Diepenhorst). Op dit moment is hiervan gedurende de bewaarperiode 1/2 kg per ton aardappelen nodig. De kiemrem-

ming zou daarmee f 40,- per ton kosten. Vergelijken met de traditioneel chemische behandeling met CIPC/IPC is dat 20 maal zo duur. Waarschijnlijk is de formulering en het gebruik van het middel nog te optimaliseren. Toch blijft het, voor de tot nu toe belangrijkste concrete toepassingsmogelijkheid van carvon, een kostbare toepassing. Het gebruik voor dit doel kan geen hogere prijs voor de grondstof carvon verdragen!

## Verwerking en afzet

De etherische olie uit karwij en dille kan in traditionele, vast opgestelde, destillatieketels gewonnen worden. In een specialistischer tweede destillatiestap wordt de olie gefractioneerd en de carvon afgescheiden. Als de carvonproductie uit karwij en dille daadwerkelijk van de grond komt, moet goed worden nagedacht over de meest efficiënte methode voor de destillatie van het oogstprodukt en de opwerking van de olie. Daarbij moet de mogelijkheid van mobiele destillatie-eenheden en het destilleren van het oogstprodukt in speciale oogstwagens direct vanaf het veld, seri-

eus overwogen worden. Te denken valt aan het combineren in de verwerking van zo veel mogelijk verse dillezaadschermen of gewastoppen tijdens het oogstseizoen (directe velddestillatie) en de verwerking van gedroogd dille- en karwijzaad in de rest van het jaar. De mogelijkheid om de destillatie-installatie(s) te benutten voor andere etherische oliegewassen (munt, kamille) kan bij de investeringsoverwegingen een rol spelen. De kans om ook de bijprodukten, zoals de limoneen, het schroot en de vette oliecomponent petroselinezuur (in karwij en dille respectievelijk 6 en 13% van het droge zaad), tot waarde te brengen lijkt gering. Limoneen wordt op grote schaal uit het afval van citrusvruchten gewonnen. Het is een gangbare stof en alom, tegen zeer lage prijzen, verkrijgbaar. Ondanks de goede voedingswaarde moet getwijfeld worden aan de afzetruimte op de veevoedermarkt van karwij- en dilleschroot. Petroselinezuur is een in meerdere zaden, min of meer gangbaar, voorkomend vetzuur.

## Toekomstvisie/perspectief

Een zinvolle economische carvonproductie uit karwij en dille in Nederland lijkt, op basis van het huidige opbrengst- en prijsniveau maar marginaal mogelijk. De zaadopbrengst en het carvongehalte zullen omhooggebracht moeten worden. De produktie zal op grootschalige wijze moeten plaatsvinden op basis van non-food contractteelt specifiek voor de produktie van carvon, waarbij een substantiële EG-subsidie onontbeerlijk blijft. Het is de vraag of een gespecialiseerde karwijteelt voor carvon, op basis van op een laag prijsniveau afgesloten contractteelt, kan bestaan naast de traditionele vrije markt van karwijzaad. Dille kan in Nederland als een relatief nieuw zaadgewas geïntroduceerd worden met een eenduidige carvon-bestemming tegen een bijbehorend prijsniveau. Het is te verwachten dat de komende jaren veel meer uit de teelt van karwij en dille gehaald kan worden. Door veredeling en selectie, het optimaliseren van de teeltechniek, het oogsttijdstip en oogstsystemen moet de carvonopbrengst, en de opbrengstzekerheid

te verhogen zijn. Van dille moeten snel specifieke zaadteeltselecties worden ontwikkeld. Het oogsten van verse schermen/gewastoppen zou de carvonopbrengst kunnen verhogen. In die zin is verder onderzoek noodzakelijk, waarvoor binnen het PAGV ruimte is gemaakt. Door het in eigen (coöperatief/boeren) beheer op grootschalige wijze destilleren en opwerken van de olie kan zuivere carvon afgeleverd worden en is mogelijk een deel van de verwerkingsmarge (van circa f 50,-) zelf te verdienen. Door het opstarten van zo'n verwerking kan de teelt van meerdere etherische oliegewassen, waaraan in het agrificatie-onderzoek tot nu toe nooit veel aandacht is besteed, tot de mogelijkheden gaan behoren. Het teeltperspectief is in grote mate afhankelijk van de doorbraak van kiemremmiddelen op basis van carvon in de praktijk. Hierbij spelen politieke beslissingen een rol (bijvoorbeeld een mogelijk verbod van C-IPC), maar kan ook de ontwikkeling van een betere formulering en efficiëntere toepassing van de kiemremmer van invloed zijn. Carvon zal vooreerst alleen voor de kiemremming van specifieke aardappelpartijen, zoals pootgoed en eko/bd/agromilieukeurmerk-aardappelen, toegepast worden. Ook aardappelpartijen voor afzet naar landen met strenge residu-eisen ten aanzien van C-IPC, komen voor behandeling met kiemremmers op basis van carvon in aanmerking. Het is niet eenvoudig om de carvonafzet in deze specifieke marktsegmenten in een carvon-gewasareaal uit te drukken. Voor een algemene toepassing in de gangbare consumptieteelt zijn de kosten, in ieder geval tot nu toe, te hoog. Niet duidelijk is in hoeverre alle andere, aan etherische oliën en carvon toegedichte, positieve eigenschappen binnen afzienbare tijd tot praktische, en qua omvang substantiële, toepassingen zullen leiden.

Er moet hier echter ook gewezen worden op de eenvoudig mogelijke import van dille en karwij, en de etherische oliën (of de zuivere carvon) daarvan, uit het buitenland. Karwij voornamelijk uit Oost-Europa, dille daarnaast ook uit de Verenigde Staten, Australië en India. De Nederlandse produktie zal zich op een of andere manier van dit aanbod moeten onderscheiden. Daarbij zal Nederland het





Dille- en karwijzaad resp. links en rechts.

moeten hebben van grootschalige verbouw, de mogelijk te bereiken grotere carvonproductie per hectare, de stabiele (door subsidie ondersteunde) contractprijs, de efficiënte opwerking tot carvon en de leveringszekerheid tegen een stabiele prijs. Het zal niet meevalen om op korte termijn aan deze voorwaarden te voldoen.

Tenslotte valt te hopen dat de mogelijke productie van carvon uit limoneen, of een carvonproductie geheel langs de chemisch/synthetische weg, voorlopig economisch gezien nog niet kunnen concurreren met de biosynthese van (d)-carvon in dille en karwij.

De ontwikkeling van carvonproductie uit karwij en dille bevindt zich nog in een beginfase. Een daadwerkelijke teelt van deze gewassen, specifiek voor dit doel, heeft op dit moment nog niet plaats. Verhoging van de gewasproductie, organisatie van een optimale produktiestructuur en een efficiënte verwerking van het oogstproduct tot carvon, vormt een absolute voorwaarde om binnen de Nederlandse landbouw tot een economisch zinvolle carvonproductie te komen. Op al deze gebieden is vooruitgang haalbaar.

Daarnaast zijn overige factoren, zoals de beschikbaarheid en het niveau van de EG non-

food ondersteuning, de carvonprijs, en de realisering van het toepassingsperspectief van carvon als kiemremmingsmiddel, bepalend voor het agrificatieperspectief van de carvonproducerende gewassen karwij en dille.

### Literatuur

Bouwmeester, H.J., 1991. Produktie van etherische karwijolie. Een Literatuuronderzoek, CABO-DLO, Verslag 150, 42 p.

Dusek, K., 1992. Comparison of different genotypes of caraway under the conditions of Czechoslovakia, *Zahradnictvi* 2: 151-160.

Mheen, H.J. van der & Muuse, B., 1993. Dill beats caraway as producer of carvone, *Prophyta* 3: 42-44.

Mheen, H.J. van der, 1994. Teelt van dillekruid en dillezaad. Teelthandleiding 59, PAGV.

Porter, N.G., M.L Shaw, G.J. Shaw, & P.J. Ellingham, 1983. Content and composition of dill herb oil in the whole plant and the different plant parts during crop development, *New Zealand Journal of Agricultural Research* 26: 119-127.

Wander, J.G.N., 1994. Teelt van karwij, Teelt-handleiding 60, PAGV.

# Gierstmelde, inca-graan op Nederlandse bodem

ing. W.C.A. van Geel en dr.ir. A. Darwinkel

## Inleiding

Gierstmelde of quinoa (*Chenopodium quinoa*) wordt al duizenden jaren als voedselgewas gebruikt (met name het zaad) door de indianen in de Andes. Samen met aardappelen, maïs en bonen behoorde het zelfs tot de belangrijkste landbouwgewassen van de Inca's. Door de komst van de Spanjaarden, die de teelt van het gewas verboden, werd gierstmelde sterk teruggedrongen. De laatste decennia staat het zowel binnen als buiten Zuid-Amerika opnieuw in de belangstelling vanwege de hoge voedingswaarde voor mens en dier en het unieke, uniforme en kleinkorrelige zetmeel in het zaad (tabel 26). In de V.S. geniet gierstmelde populariteit als gezondheidsvoedsel. Ook in Nederland is het te koop in reformwinkels. Het zaad kan worden gebruikt in plaats van rijst of worden verwerkt in bijvoorbeeld vegetarische gerechten en babyvoeding. Het zetmeel heeft perspectievolle afzetmogelijkheden op de markt voor zetmeelprodukten. Het zaad is daardoor een interessante grondstof voor de zetmeelindustrie.

Gierstmelde behoort tot de familie van de ganzevoetachtigen en is sterk verwant aan melganzafoet. Het wordt ook wel tot de pseudogranen gerekend en dankt zijn naam aan de gierst- of sorghumachtige pluim (af-

beelding 1). De variëteiten die in het zuidelijk deel van Chili op zeeniveau voorkomen, blijken redelijk goed aangepast aan de gematigde klimaatstreken van Noordwest Europa. Het Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN) heeft gierstmelde in 1986 voor het eerst in Nederland geïntroduceerd en geëvalueerd. Het gewas kan bijdragen aan de verruiming van het bouwplan op akkerbouwbedrijven en kan misschien ook goed op marginale gronden worden verbouwd. Het wordt in de tweede helft van april gezaaid en rond half september met een combine geoogst. De teelt is gericht op het behalen van een zo hoog mogelijke zaadopbrengst en -kwaliteit en vraagt, voor zover thans bekend, weinig inzet van gewasbeschermingsmiddelen.

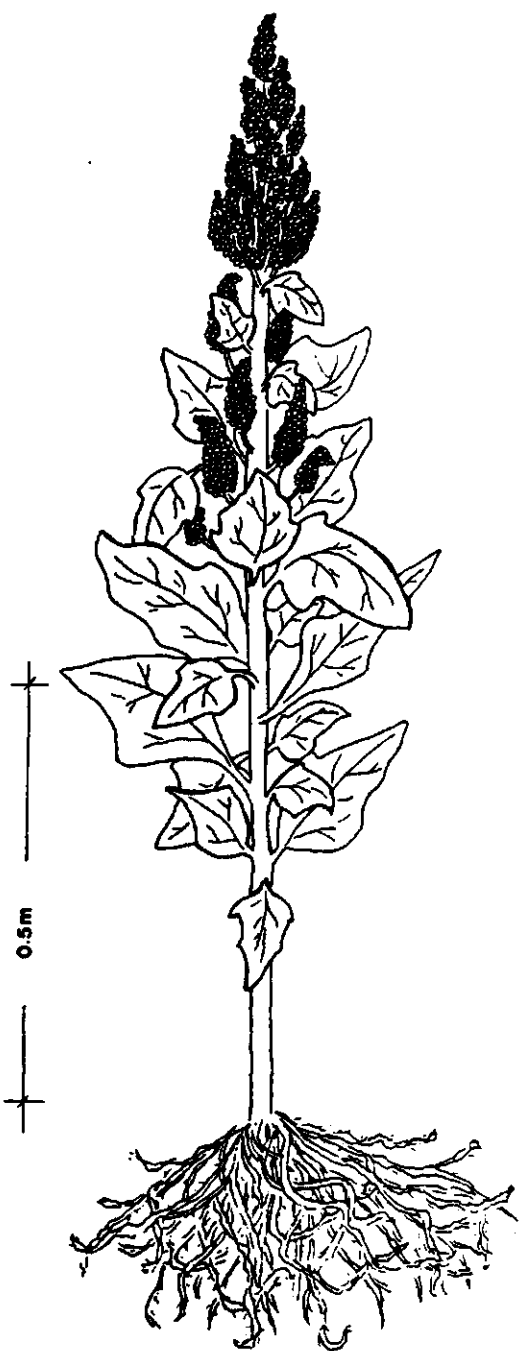
## Zaadsamenstelling en toepassingsmogelijkheden

Het zaad van gierstmelde is rond, enigszins afgeplat en gemiddeld twee millimeter groot. Het bevat 54-64% zetmeel, 13-16% hoogwaardig eiwit, 5-7% vet en 2-4% saponine (een zeepachtige, bittere stof).

Het zetmeelgehalte is wat lager dan dat van tarwe, rijst en maïs, maar het zetmeel biedt door zijn zeer kleine korrelgrootte diverse, specifieke toepassingsmogelijkheden. Het zou kunnen worden toegepast als vetvervanger in voedselprodukten zoals slasaus en

**Tabel 26.** Korrelgrootte van het zetmeel van diverse zetmeelgewassen (Steeneken, NIKO-TNO).

gewas	korrelgrootte ( $\mu$ )
aardappel	5-100
tarwe	2-40
maïs	2-30
rijst	2-12
gierstmelde	0,5-4



**Afb. 1.** Bouw van de gierstmeldeplant (bron: Risi en Galwey, 1984).

vleeswaren, en als bindmiddel en smaakverbeteraar in vlaprodukten. De kleine zetmeelkorrels zorgen voor een romige smaak. In de non-food sector wordt gedacht aan toepassingen als poedervormig vulmiddel in tabletten, als (milieuvriendelijk) talkpoeder of als lijmstof bij het aanbrengen van een strijklag (coating) op papier ter verbetering van de bedrukbaarheid, glans enz.

Het eiwit- en mineralengehalte van gierstmelde is hoger dan van granen maar lager dan van peulvruchten. De kwaliteit van het eiwit is vergelijkbaar met die van melk- en soya-eiwit. Het heeft een hoog gehalte aan hoogwaardige aminozuren zoals methionine en lysine. Door de afwezigheid van gluten is het meel of de bloem niet geschikt om brood van te bakken, maar wel geschikt voor toepassing in glutenvrije diëten (voor mensen die aan bepaalde darmziekten lijden). Na zetmeelwinning zou het resterend eiwit of eiwithoudend zaadschroot als bijproduct prima kunnen worden verwerkt in veevoeders, met name voor jonge dieren.

Het vet in het zaad bevat veel onverzadigde vetzuren en heeft een hoog lecithinegehalte. De vetzuursamenstelling is vergelijkbaar met die van maïsolie. Voor de vetten is geen concrete afzetmarkt op het oog en er wordt momenteel ook niet gezocht naar specifieke toepassingsmogelijkheden.

Het saponine bevindt zich uitsluitend in de zaadhuid en bezit pesticide-eigenschappen. Op korte termijn is hier geen afzetmogelijkheid voor te verwachten. Voor de toepassing van gierstmeldezaad in voedselprodukten moet het saponine worden verwijderd, door het zaad te wassen of de zaadhuid eraf te wrijven.

Gierstmelde kan ook worden gebruikt als groente- of voedergewas. Het blad kan rauw worden geconsumeerd zoals sla of gekookt zoals spinazie. In Denemarken wordt onderzoek gedaan naar het gebruik van de hele plant als groenvoer of krachtvoer voor vee. Het gewas wordt daartoe bij de bloei geoogst en direct vervoerd of gedroogd en verwerkt tot veebrok.

## Areaalverwachting

Als de beoogde toepassingen daadwerkelijk kunnen worden gerealiseerd, wordt op Europese schaal gedacht aan een benodigd gierstmelde-areaal van:

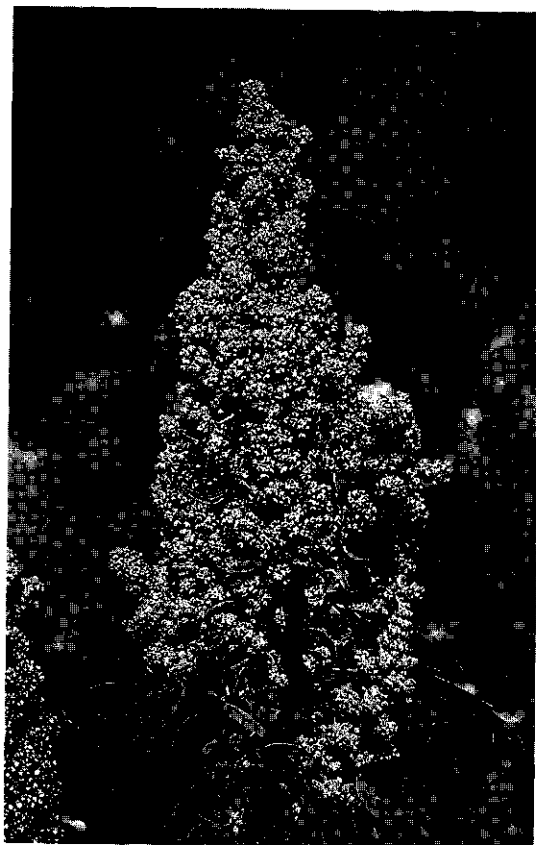
- 50-75.000 ha voor toepassing van het zetmeel in voedselproducten;
- 50.000 ha voor non-food toepassingen van het zetmeel;
- minstens 200.000 ha voor veevoeder;
- 50.000 ha voor overige toepassingen, onder andere in gezondheidsdiëten, vegetarische gerechten, babyvoeding en vogelzaad.

Het totale, potentiële Europese areaal wordt geschat op 500.000 ha (De Braeckelaer, 1993).

Als de verwerking van gierstmeldezetmeel van de grond komt, zou er in Nederland ruimte ontstaan voor minstens 4.000 ha (mond. med. Van Soest, CPRO-DLO). De markt voor directe toepassingen van het zaad of het meel in voedselproducten zal gering zijn en in Nederland slechts ruimte bieden aan een areaal van hooguit enkele honderden ha.

## Onderzoeksprojecten

Nadat vanaf 1986 het introductie-onderzoek door het CGN had plaatsgevonden, is in 1992 op initiatief van AVEBE een onderzoeksproject van start gegaan waarin de potentiële teelt- en verwerkingsmogelijkheden van gierstmelde in Nederland worden onderzocht. Het gaat daarbij op de eerste plaats om de winning en verwerking van het zetmeel en op de tweede plaats om het eiwit als bijproduct. De deelnemers aan dit project zijn de zetmeelindustrie AVEBE, het Nederlands Instituut voor Koolhydraat Onderzoek (NIKO-TNO), het Centrum voor Plantenveredelings- en Reproductie Onderzoek (CPRO-DLO) en het PAGV. Het PAGV houdt zich bezig met het verkrijgen van inzicht in de gewasontwikkeling en het productieproces, het vergelijken van diverse rassen of selecties en het opsporen en oplossen van teeltknelpunten



Gierstmelde heeft een pluimvormige bloeiwijze.

met betrekking tot opbrengst, oogstzekerheid en kwaliteit.

Het project wordt financieel gesteund via de fondsen van de Herstructurering Akkerbouw en het Integraal Structuur Plan (ISP). Het project richt zich met name op de teeltmogelijkheden voor de Veenkoloniale bedrijven en de graanrijke bedrijven in het noordelijk kleigebied.

Naast dit Nederlandse onderzoeksproject is op 1 november 1993 het EG-project "Quinoa, a multi-purpose crop for EC's Agricultural Diversification" van start gegaan in het kader van het EG-programma Agro Industrial Research (AIR). Behalve uit Nederland nemen instellingen uit Groot-Brittannië, Frankrijk, Denemarken en Italië deel aan dit project.

Het is gericht op teelt en veredeling van gierstmelde, industriële verwerking van het zaad, de bruikbaarheid en waarde van het zaad als voedsel voor mens en dier en het gebruik van de gehele plant voor veevoeder.

Voor industriële verwerking biedt gierstmelde alleen perspectief als de inhoudstoffen van het zaad in een zuivere vorm en economisch rendabel kunnen worden gewonnen. Voor de teler moet het gewas een saldo opleveren dat minstens gelijkwaardig is aan dat van tarwe en het moet in te passen zijn in het bouwplan.

## Gewasontwikkeling en productie

Gierstmelde is een vlotte kiemer. De kiemplanten komen na 6-10 dagen boven. Vervolgens duurt het, afhankelijk van de plantdichtheid, circa zes weken voordat het gewas de grond volledig bedekt heeft. Daarna groeit het snel en bereikt eind juli een hoogte van circa 1,25 meter. In de tweede week van juni begint de pluimvorming, eind juni de bloei en half juli de zaadvulling. Vanaf dat moment

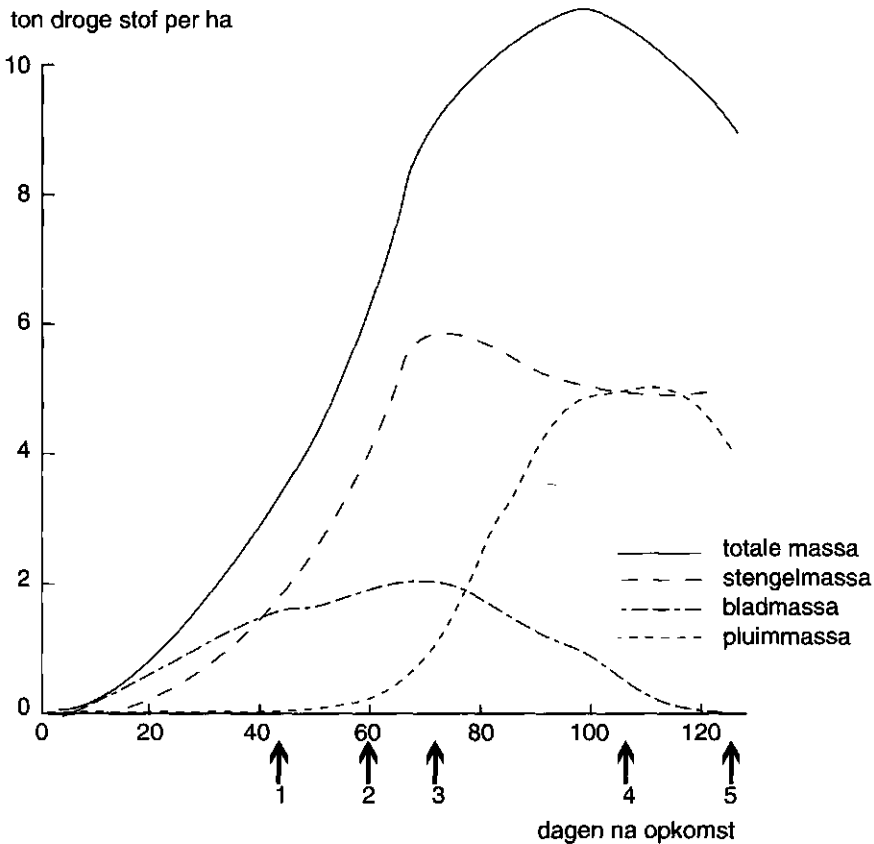


Fig.13. Drogestofproductie van gierstmelde in 1993.

- 1 = begin van de pluimaanleg
- 2 = begin van de bloei
- 3 = begin van de zaadvulling
- 4 = begin van de gewasafsterving
- 5 = oogst

gaan de onderste bladeren afvallen. Op de plaats van de afgevallen, primaire bladeren, ontwikkelen zich zijtakjes met 4-8 nieuwe, kleinere, secundaire bladeren. Twee à drie weken later zijn alle primaire bladeren afgevallen. Ongeveer een maand na het begin van de zaadvulling (vanaf half augustus) begint het gewas af te sterven. In deze periode verliezen de pluimen hun bloembladjes en verdorren, het blad valt af en ook de stengels beginnen te verdorren. Drie à vier weken later kan het gewas worden geoogst. Het verloop van de groei is weergegeven in figuur 13.

Gierstmelde blijkt een lagere plantdichtheid goed te kunnen compenseren. De planten gaan zich dan forser ontwikkelen en meer vertakken, vormen grotere pluimen, rijpen wat later af en produceren meer zaad. De opbrengst per ha blijft daardoor niet of nauwelijks achter bij die van hogere standdichtheden.

In de proeven van het PAGV zijn zaadopbrengsten gehaald tot vijf ton per ha (tabel 27). De oogstindex bedroeg circa 30-40%. In Engeland en Denemarken zijn zaadopbrengsten behaald van ruim vijf ton per ha (Galwey, 1993). Het CPRO heeft in proeven met verschillende herkomsten (genotypen) in 1992 zaadopbrengsten gemeten tot ruim zes ton per ha (Mastebroek en Van Soest, 1994). Door verbeterde teelttechniek en onder goede groei-omstandigheden lijkt een totale drogestofproductie van 14 ton per ha mogelijk. Na bladval etc. blijft er dan bij de oogst nog zo'n 12 ton over. Een dergelijke opbrengst is in 1991 op het PAGV bijna gehaald. Door veredeling kan de oogstindex nog worden verhoogd tot zo'n 50% (mond. med. Mastebroek, CPRO-DLO).

Een zaadopbrengst van zes ton drogestof per ha (6,7 ton bij 10% vocht) moet daarom haalbaar zijn.

## Teeltknelpunten

Het onderzoek aan gierstmelde verkeert in Nederland nog in een vroeg stadium. Teeltkundig onderzoek is pas enkele jaren uitgevoerd. Dit heeft enig inzicht gegeven in de groei en ontwikkeling van het gewas en in de knelpunten die bij de teelt optreden.

### Zaaitijdstip en opkomst

De opkomst is een kwetsbare fase van het gewas en geeft nog veel onzekerheid. In proeven varieerde de opkomst van 8-60%, resulterend in sterk wisselende standdichtheden. De bodemtemperatuur na zaai moet minstens 10° C bedragen, anders verloopt de kieming langzaam en komen weinig kiemplanten boven. Verder moet het zaad ondiep worden gezaaid: circa 0,5-1 cm. Dieper zaaien geeft een slechtere opkomst en bij ondiepere zaai komt het zaad al gauw te droog te liggen, waardoor het niet kiemt.

Voor het verkrijgen van een voldoende hoge en gelijkmatige plantdichtheid is zekerheid nodig omtrent de opkomst. Hieraan moet nog de nodige aandacht worden besteed, met name aan de zaaitechniek en mogelijk ook aan de zaaizaadkwaliteit.

Wat het optimale plantaantal met betrekking tot korrelopbrengst en gewasuniformiteit moet zijn, is nog niet helemaal duidelijk, maar het ligt waarschijnlijk in de buurt van de 100 planten per m<sup>2</sup>.

Gierstmelde is niet geschikt voor vroege zaai.

**Tabel 27.** Zaadopbrengsten van gierstmelde (ton per ha; 10% vocht).

locatie	jaar		
	1991	1992	1993
PAGV	4,9	4,3	3,6
ROC Ebelsheerd (Oldambt)	4,1	3,7	3,4
ROC 't Kompas (Veenkoloniën)	-	3,5	3,2

**Tabel 28.** Opkomstpercentage en zaadopbrengst (ton per ha; 10% vocht) bij twee zaaitijden.

zaaitijd	PAGV 1991		Ebelsheerd 1992	
	opkomst- percentage	zaad- opbrengst	opkomst- percentage	zaad- opbrengst
eind maart/begin april	40	4,4	30	3,6
eind april/begin mei	60	4,9	40	3,7

Het is een warmteminnend gewas en de klemplanten zijn gevoelig voor nachtvorst. In PAGV-proeven in 1991 en 1992 gaf vroeg zaaien (eind maart/begin april) een tragere kieming, een slechtere opkomst en een tragere beginontwikkeling. Bij de bloei had het vroeg gezaaid gewas nauwelijks nog voor-sprong op het laat gezaaide. Het was ook niet eerder rijp en gaf geen hogere zaadop-brengst (tabel 28).

### Bemesting

Naar de stikstofbemesting is enig onderzoek gedaan. Het effect op de zaadopbrengst was niet altijd eenduidig (tabel 29). Stikstof heeft wel duidelijk invloed op de vegetatieve groei. Bij een hogere gift wordt het gewas forser, bladrijker en rijpt later af. Bij een lage gift (minder dan 100 kg) ontstaat een schraal en hol gewas, waarin onkruiden zich gemakkelijker kunnen ontwikkelen. De optimale stikstof-gift moet nog nader worden vastgesteld, maar ligt waarschijnlijk tussen de 100 en 150 kg per ha.

Onderzoek naar fosfaat- en kalibemesting is nog niet gedaan. Wel is globaal inzicht ver-kregen in de onttrekking: bij een opbrengst van vijf ton drogestof zaad en zes ton droge-stof stro (stengel en kaf) per ha neemt het ge-was minimaal 130 kg stikstof, 85 kg fosfaat en 245 kg kali per ha op.

Omdat blad en stengel op het land achterblij-ven, worden alleen mineralen afgevoerd met het zaad: circa 105 kg stikstof, 65 kg fosfaat en 55 kg kali (bij vijf ton drogestof per ha).

### Ziekten en plagen

Ziekten en plagen lijken van geringe beteke-nis. In 1991 en 1992 werden geen schimmel-of bacterieziekten in gierstmelde waargeno-men. Alleen zwarte boneluis nestelde zich in sommige pluimen en veroorzaakte zuig-schade en tenslotte verdorring van de pluim. De omvang van de schade die deze luis kan veroorzaken, moet nog worden vastgesteld. In de natte zomer van 1993 traden Botrytis en Sclerotinia op. Sclerotinia tastte de stengels aan, maar veroorzaakte verder geen zicht-

**Tabel 29.** Zaadopbrengst van gierstmelde (in ton per ha; 10% vocht) bij verschillende stikstofniveau's.

	N-gift (kg per ha)						
	0	50	75	100	150	200	225
<i>PAGV 1992</i>							
vroeg ras	-	-	-	3,8	-	4,1	-
middenvroeg ras	-	-	-	4,3	-	4,2	-
laat ras	-	-	-	3,3	-	3,8	-
<i>PAGV 1993</i>							
laat ras	-	2,2	-	3,2	3,3	-	-
<i>Ebelsheerd 1993</i>							
middenvroeg ras	2,0	-	3,0	-	3,5	-	3,7

bare schade. Botrytis veroorzaakte grauwe vlekken op de stengels en tastte de pluimen aan. Aantasting leidde tot een snellere fysiologische veroudering van het gewas, een snellere afrijping en een lagere opbrengst. Gebleken is dat er sterke rasverschillen bestaan in vatbaarheid voor Botrytis. Wellicht kunnen daarom door veredeling weinig of niet vatbare rassen worden ontwikkeld (Mastebroek en Van Soest, 1994).

## Onkruidbestrijding

Onkruidbestrijding is één van de grootste problemen in de gierstmelde teelt, met name de bestrijding van melganzevoet. Dit onkruid is in het vegetatieve stadium niet of nauwelijks van gierstmelde te onderscheiden. Een sterke melganzevoetbezetting leidt tot gewasconcurrentie en zaadverontreiniging. Het is nog niet duidelijk hoe ernstig verontreiniging van gierstmeldezaad met melganzevoetzaad is voor de kwaliteit en verwerking. Ten aanzien van mechanische onkruidbestrijding lijkt eggen weinig perspectief te bieden, maar schoffelen bij ruime rijenafstand wel. In 1993 was de zaadopbrengst bij rijenafstand 50 cm nauwelijks lager dan bij 12 1/2 cm (tabel 30).

Behalve aan mechanische wordt ook aandacht besteed aan chemische bestrijdingsmogelijkheden door screening van diverse herbiciden. Enkele middelen lijken perspectief te bieden, mits ze worden toegelaten.

Chemische bestrijding van melganzevoet zal vanwege de nauwe verwantschap met gierstmelde waarschijnlijk niet mogelijk zijn en ook het handmatig verwijderen van melganzevoet is in een jong ontwikkelingsstadium moeilijk. Dit kan de teeltmogelijkheden op de Veenkoloniale gronden beperken.

**Tabel 30.** Zaadopbrengst (ton per ha; 10% vocht) in 1993 op ROC 't Kompas bij drie rijenafstanden.

rijenafstand (cm)	opbrengst
12,5	3,1
25	3,1
50	3,0

## Afrijping

De afrijping van gierstmelde verloopt nogal ongelijkmatig en dat bemoeilijkt de oogst. De gebruikte rassen zijn nog tamelijk heterogeen. Door veredeling echter zullen homogener rassen beschikbaar komen, die gelijkmatiger afrijpen. Daarnaast spelen plantdichtheid en -verdeling een belangrijke rol. Bij onregelmatige dichtheid treden verschillen op in forsheid (onder andere hoogte), ontwikkelingsnelheid en afrijpingsmoment van de planten. Ook vormen de planten bij een lage dichtheid (minder dan 30-40 planten per m<sup>2</sup>) meer en grotere zijtakken, waaraan pluimen komen die later bloeien en afrijpen dan de pluimen aan de hoofdas.

Het zaad dorst weliswaar gemakkelijk uit, maar naarmate meer onrijper zaad wordt geoogst, bevat het geoogste produkt meer vocht. Uitstellen van de oogst, tot al het zaad rijp is, leidt tot uitval van het vroegrijpe zaad. Die uitval kan oplopen tot enkele honderden kilo's per ha.

## Oogsttijdstip en schot

Naast uniforme afrijping is ook vroegheid van belang voor de oogstzekerheid. Later in het najaar wordt het zaad moeilijker rijp. Bovendien neemt dan de kans op neerslag toe, waardoor de oogst moet worden uitgesteld of het zaad moet natter worden geoogst. Uitstel van de oogst verhoogt de kans op schot, aangezien het zaad nauwelijks kiemrust kent. Eind augustus en in september trad in 1992 en 1993 in de PAGV-proeven schot op. Geschoten korrels vallen snel uit en komen zodoende niet of nauwelijks in het geoogste produkt terecht, maar betekenen wel opbrengstverlies. Door veredeling kunnen rassen beschikbaar komen die minder schotgevoelig zijn (Mastebroek en Van Soest, 1994).

## Schonen en drogen

Voor langdurige opslag van het zaad zal het vochtgehalte waarschijnlijk 10-12% moeten zijn. In de PAGV-proeven is dit nog in geen enkel jaar bij de oogst bereikt. Meestal lag



het percentage rond de 20% en soms zelfs nog hoger. Bekeken moet worden of en hoe het zaad droger kan worden gedorst. Gebleken is dat een partij vochtig zaad snel kan gaan schimmelen.

De verontreiniging van het zaad met kaf en stengelresten varieerde in de proeven van 5-15%. Het is niet te verwachten dat dit percentage veel verder omlaag zal kunnen worden gebracht. Schonen en drogen zal daarom noodzakelijk zijn. Dit zal hoge kosten met zich meebrengen omdat het kleine zaad dicht op elkaar zit gepakt, waardoor lucht moeilijk door een partij zaad wordt geblazen.

## Rol in het bouwplan

Gierstmelde kan op alle grondsoorten worden verbouwd. Ook op marginale gronden kan het waarschijnlijk nog een redelijke opbrengst geven. Door zijn sterk ontwikkeld wortelstelsel is het nauwelijks gevoelig voor droogte en laat het een goede bodemstructuur na.

Ten aanzien van de bodem-pH vond men in Engels onderzoek geen relatie tussen zaad-opbrengst en pH (bij pH-range van 4,9-7,6; Cromack, 1993).

Gierstmelde is een dicotyl gewas en mag daarom in de vruchtwisseling niet als goede vervanger van granen worden beschouwd. Het is geen waardplant voor het aardappelmestcysteaaltje en is resistent tegen het bietecysteaaltje (Mastebroek en Van Soest, 1994). Het is matig vatbaar voor het noordelijk en het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla* en *chitwoodi*) (mond. med. Mastebroek, CPRO-DLO). Het effect van gierstmelde teelt op de vermeerdering van deze aaltjes moet nog worden onderzocht.

Zaadopslag in een volggewas is niet geconstateerd. Door het ontbreken van de kiemrust gaat het zaad na uitval kiemen en verteert (het overleeft de winter niet).

Arbeidsorganisatorische problemen zijn niet te verwachten. Het oogsttijdstip valt tamelijk gunstig: kort na de granen en vóór (het grootste deel van) de aardappelen. Enkel de onkruidbestrijding vraagt in de maanden mei en juni extra aandacht.

## Gewassaldo

Op dit moment is er nog geen marktprijs voor gierstmeldezaad bekend. Evenmin is er een steunbedrag vastgesteld. Als de gierstmelde

**Tabel 31.** Gewassaldo van gierstmelde.

*Toegerekende kosten:*

omschrijving	hoeveelheid	prijs	bedrag
<b>Zaaizaad</b>	6 kg	25,00	150
<b>Meststoffen:</b>			
N	100 kg	1,07	107
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	65 kg	0,86	56
K <sub>2</sub> O	55 kg	0,56	31
<b>Gewasbeschermingsmiddelen:</b>			
onkruiden			230
ziekten en plagen			-
<b>Overige produktgebonden kosten:</b>			
verzekering en rente			34
drogen en schonen	50	9,33	467 <sup>1)</sup>
<b>Tot. toeg. kosten (e.m.)</b>			<b>1075</b>

<sup>1)</sup> kosten voor drogen en schonen zijn ruw ingeschat

**Tabel 32.** Bruto-opbrengst per ha en prijs per kg voor gierstmeldezaad bij een opbrengst van vijf ton per ha (10% vocht), indien het saldo gelijk moet zijn aan dat van wintertarwe.

	kleigrond			zand- en dalgrond		
	steun- bedrag	bruto- opbr.	prijs per kg zaad	steun- bedrag	bruto- opbr.	prijs per kg zaad
geen steun	0	2925	0,59	0	2375	0,48
graansteun	660	2265	0,45	470	1905	0,38
non-food premie	1075	1850	0,37	765	1610	0,32

een bestemming heeft in de voedings- of veevoedersector zal het vermoedelijk niet voor hectaresteen in aanmerking komen. In tabel 32 is aangegeven hoeveel gierstmelde bij wel of geen steun bruto per ha en per kg zaad moet opleveren om een saldo (e.m.) te behalen dat minimaal gelijk is aan dat van wintertarwe ( $\pm 1850$  op kleigrond en  $\pm 1300$  op zand-/dalgrond).

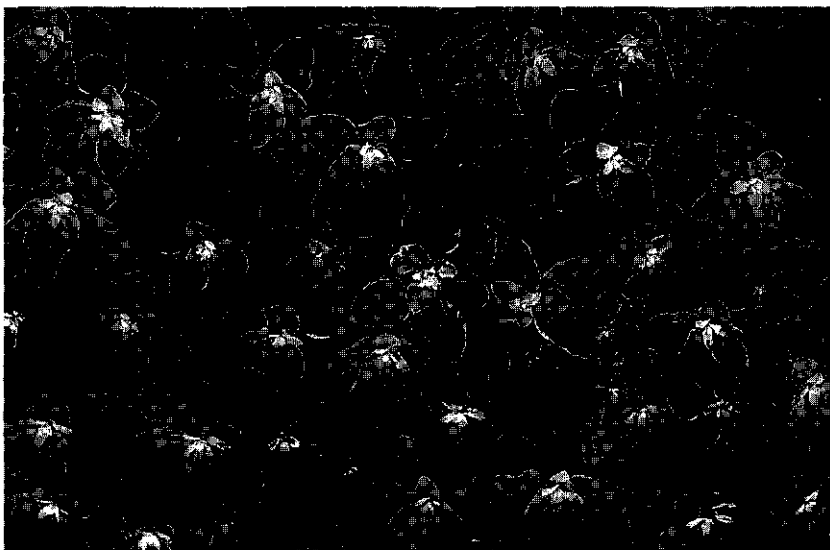
## Verwerking en afzet

Het verwerkingsonderzoek naar gierstmelde heeft alleen nog maar op laboratoriumschaal

bij NIKO-TNO plaatsgevonden. Veel aandacht wordt besteed aan de gehalten en samenstelling van het zetmeel, het eiwit en het saponine en de invloed daarop van ras en teeltwijze. Daarnaast werkt NIKO-TNO aan een methode voor het winnen en scheiden van het zetmeel en eiwit.

Met industriële verwerking van gierstmeldezaad op praktijkschaal is nog geen ervaring opgedaan, maar AVEBE gaat waarschijnlijk na 1994 proefdraaien met gierstmelde.

De kwaliteitscriteria voor gierstmelde moeten nog worden geformuleerd. Voor industriële verwerking is in de eerste plaats een zo hoog



In een jong stadium lijkt gierstmelde sprekend op melganzevoet.

mogelijk zetmeelgehalte belangrijk. Daarnaast zijn de eigenschappen en samenstelling van het zetmeel van belang, onder andere het amylosegehalte. Een laag amylosegehalte biedt interessante mogelijkheden, omdat dit bevorderlijk is voor de produktstabiliteit.

Teeltmaatregelen (zaaitijdstip, oogsttijdstip, stikstofbemesting) bleken in 1992 op deze zaken niet of nauwelijks invloed te hebben (tabel 33). Wel bleek hiervoor genetische variatie aanwezig te zijn, ook voor het amylosegehalte.

Naar verwachting kan 85% van het in het gierstmeldezaad aanwezige zetmeel worden gewonnen (mond. med. Steeneken, NIKO-TNO). Voor aardappelen is dat rendement 98%, voor tarwe 80% en voor maïs 92-93%. Op laboratoriumschaal gaf het zuiveren van het ruw gewonnen zetmeel nog problemen. Bij verwijdering van eiwit uit het ruwe zetmeel traden verliezen op, waardoor nog slechts 65-68% van het zetmeel in zuivere vorm kon worden gewonnen. Van het eiwit kon slechts de helft van de in het zaad aanwezige hoeveelheid worden gewonnen.

Saponine is ongewenst, zowel in voedsel voor mens en dier als voor industriële verwerking. Saponine is goed oplosbaar in water en kan bij een nat verwerkingsproces vermoedelijk goed worden gescheiden van het zetmeel (mond. med. Steeneken, NIKO-TNO). Het blijft dan achter in het proceswater. Onzeker is nog of saponine ook goed van het eiwit is te scheiden. De eerste indruk is dat het gemakkelijk aan het eiwit blijft kleven. Behalve in het zaad komt ook in blad en stengel saponine voor. Dieren eten saponinehoudend voer niet op. Voor veevoer is daarom saponinevrije gierstmelde gewenst. Aangezien er saponinevrije genotypen bestaan, kan op deze eigenschap worden veredeld. De biologische functie van saponine in de plant is echter nog niet duidelijk. Vermoed wordt dat saponine door zijn pesticide-eigenschappen de plant bescherming biedt tegen ziekten en vogelvraat.

## Perspectieven

De perspectieven van gierstmelde hangen sterk samen met de specifieke eigenschap-

**Tabel 33.** Invloed van stikstofgift, zaaidichtheid en zaai- en oogsttijd op het zetmeel- en eiwitgehalte van gierstmeldezaad in 1992.

	zetmeel- gehalte (%)	eiwit- gehalte (%)
<i>stikstofgift</i>		
100 kg N per ha	62	13
200 kg N per ha	62	13
<i>zaaidichtheid</i>		
4 kg zaaizaad per ha	62	13
8 kg zaaizaad per ha	61	13
<i>zaaitijd</i>		
begin april	61	13
begin mei	60	13
<i>oogsttijd</i>		
derde week van aug.	62	12
eerste week van sep.	63	13
derde week van sep.	63	13
eerste week van okt.	62	12

pen van het zetmeel en de toepassingsmogelijkheden daarvan voor industriële verwerking. Tezamen met een goede vermarkting van het eiwit als bijproduct moet dat de teler een hogere prijs voor het zaad opleveren dan voor bijvoorbeeld tarwe. Die prijs moet hoger zijn omdat gierstmelde qua (zetmeel)opbrengst niet kan concurreren met tarwe, maïs of aardappel. Bovendien is het onzeker of gierstmelde op hectaresteen kan rekenen. Het gewas heeft daarom alleen toekomst als het geen concurrent is van, maar een aanvulling is op de bestaande akkerbouwgewassen. Op dit moment is over de prijsvorming van gierstmelde nog niets te zeggen. Daarvoor verkeert het onderzoek, met name dat naar de toepassingsmogelijkheden, nog in een te vroeg stadium.

Gierstmelde lijkt zonder veel problemen te kunnen worden opgenomen op een akkerbouwbedrijf, zowel in een bouwplan met veel rooivruchten als in een graanrijk bouwplan. De onkruidbestrijding zal van de akkerbouwer de meeste aandacht vragen. Door verbeterde oogsttechniek en tijdige en uniforme afrijping kunnen de kosten voor drogen en schonen van het zaad wellicht worden beperkt.

## Literatuur

Braeckelaer, P. de. AIR Proposal: Quinoa, a multi-purpose crop for EC's Agricultural Diversification, 1993.

Cromack, H.T.H., J.B.S. Freer and J.M. Smith. Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Performance and husbandry investigations in southern England. Abstracts of the Second European Symposium on Industrial Crops and Products, 22-24 nov 1993, Pisa, Italy.

Galwey, N.W. The Potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial Crops and Products*, 1 (1993), p. 101-106.

Mastebroek, H.D. en L.J.M. van Soest. Gierstmelde blijkt multi-purpose-gewas. *Prophyta* 1994, nr. 1, p. 15-17.

Risi, J. and N.W. Galwey. Effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 117 (1991), p. 325-322.

Risi C., J. and N.W. Galwey. The *Chenopodium* Grains of the Andes: Inca Crop for Modern Agriculture. *Advances in Applied Biology*, Vol. X (1984), p. 145-216

---

# Vezelhennep, een opsteker voor de akkerbouw?

---

ing. H.M.G. van der Werf MSc. (PAGV, AB-DLO en LUW-Agronomie), ing. W.C.A. van Geel (PAGV) en ing. M. Wijlhuizen (AB-DLO)

## Inleiding

In januari 1990 is door de ministeries van Economische Zaken en van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en de provincies Drenthe en Groningen een onderzoeksprogramma gestart naar de haalbaarheid van vezelhennep als akkerbouwgewas en als grondstof voor de papierindustrie. Binnen dit programma is door DLO-instituten, LUW-vakgroepen en het PAGV onderzoek verricht naar veredeling, bodempathogen, teelttechniek, oogsttechniek, conservering, verwerking tot pulp, afvalwaterzuivering en mogelijkheden op de markt van hennep. Dit programma is eind 1993 afgesloten. In dit artikel zal een overzicht worden gegeven van de resultaten van het teeltonderzoek. Ook uitkomsten van andere onderdelen van het onderzoeksprogramma zullen kort worden weergegeven.

Het verbruik van papier in de wereld bedroeg in 1980 170 en in 1989 233 miljoen ton. Voor 1995 verwacht de FAO een verbruik van 275 miljoen ton. Ook binnen de Europese Gemeenschap stijgt de papierconsumptie gestaag, en wordt bovendien ruim de helft van de papiergrondstof geïmporteerd. Over de hele wereld gezien bestaat papier voor 70 % van het drooggewicht uit verse grondstof; de rest is vooral oud papier en vulstoffen. Hergebruik van papier neemt toe. Voor het jaar 2010 wordt verwacht dat het aandeel verse grondstof in papier tot 55 % zal zijn gedaald (Stafford, 1990). Wanneer echter, zoals verwacht wordt, de vraag naar papier gestaag blijft groeien, zal er desondanks in 2010 een ernstig tekort aan grondstof voor papier zijn. Op wereldschaal bestond de verse grondstof in 1989 voor 92 % uit hout en voor de rest uit

eenjarige gewassen. Hout of plantestengels moet men verpulpen om er papier van te kunnen maken. Verpulpen is het losmaken van vezels uit planteweefsel door middel van een chemische en/of mechanische bewerking. De laatste jaren bestaat er een toenemende belangstelling voor het gebruik van eenjarige vezelgewassen als grondstof voor papierpulp. De stengels van deze gewassen kunnen gemakkelijker met milieuvriendelijke pulpprocessen verwerkt worden dan hout. Bovendien ligt de jaarlijkse vezelopbrengst per hectare enkele malen hoger dan die van bossen. Eenjarige vezelgewassen kunnen zodoende bijdragen aan het behoud van de nog resterende bossen en oerwouden (Keto, 1990).

## Gewas- en produkteigenschappen

Hennep (*Cannabis sativa* L.) is een oud cultuurgewas dat oorspronkelijk uit Centraal-Azië komt. In het verleden was hennep een belangrijk vezelgewas, dat ook in Nederland geteeld werd voor de productie van kleding, zeildoek en touw. Over de hele wereld is de met hennep beteelde oppervlakte in de loop van de laatste twee eeuwen sterk afgenomen. Momenteel is hennep een van de kleinere vezelgewassen in de wereld.

Hennep is van oorsprong een tweehuizige soort; veredeling heeft ook tot eenhuizige cultivars geleid. In tweehuizige populaties komen mannelijke en vrouwelijke planten in ongeveer gelijke aantallen voor. De mannelijke planten sterven kort na de bloei; de vrouwelijke planten leven 3 tot 5 weken langer dan de mannelijke planten en sterven af wanneer het zaad rijp is. De stengel van de hennepplant wordt, afhankelijk van cultivar en groeiomstandigheden, 1 tot 5 m lang.

De teelt van vezelhennep is vrij eenvoudig.

Voor een drogestofopbrengst van 10 ton/ha stengel lijkt een stikstofgift van circa 125 kg/ha, 45 kg/ha  $P_2O_5$  en 170 kg/ha  $K_2O$  voldoende. Het gewas wordt in april gezaaid (20 kg/ha zaad). Onkruidbestrijding is niet nodig omdat het gewas snel groeit en het onkruid onderdrukt. Tot de oogst vereist het gewas geen verdere verzorging.

Vezellengte en het cellulose- en ligninegehalte zijn belangrijke eigenschappen voor papiergrondstoffen. Lange vezels zijn gewenst, want papier is sterker naarmate de vezels waar het van gemaakt is langer zijn. Vezellengten tussen 1 en 4 mm worden als optimaal beschouwd. Een hoog cellulosegehalte is aantrekkelijk, omdat in chemische pulpprocessen de niet-cellulose bestanddelen grotendeels verwijderd worden. Een laag ligninegehalte is van belang, want ligninehoudend papier is slecht houdbaar en de processen voor het verwijderen van lignine zijn milieu-onvriendelijk. Wanneer het ligninegehalte van de grondstof laag is, kunnen relatief onschadelijke bleektechnieken gebruikt worden om de lignine te verwijderen.

Hennepstengels worden hier met hout vergeleken, omdat hout de meest gebruikte papiergrondstof is. Naalddhout heeft een vrij hoog cellulosegehalte, maar ook een hoog ligninegehalte; de vezels zijn van de juiste lengte (tabel 34). Loofhout heeft een lager cellulose- en ligninegehalte dan naalddhout; de vezels zijn aan de korte kant.

Hennepstengels kunnen gescheiden worden

in bast en kern. De bast is het weefsel aan de buitenkant van de stengel, dat de houtige kern omgeeft. De bast bevat primaire en secundaire bastvezels, de kern bevat houtvezels. Hennepbast heeft uitstekende eigenschappen; het bevat meer cellulose en minder lignine dan hout (tabel 34). De primaire bastvezels zijn te lang, maar deze kunnen voor of tijdens het pulpen verkort worden. De secundaire bastvezels zijn van de juiste lengte. Hennepkern heeft matige eigenschappen; de gehalten aan cellulose en lignine komen overeen met die van loofhout, maar de vezels zijn erg kort.

De marktwaaarde van hennepbast is vele malen hoger dan die van hennepkern. Het aandeel van de bast in de drogestof van de stengel is dan ook het belangrijkste kwaliteitscriterium van hennepstengels voor de productie van papier.

Pulpen gemaakt van hennep kunnen afgezet worden in verschillende segmenten van de wereldpulpmarkt. Deze markten zijn zeer groot. Hoeveel hennepulp erop afgezet kan worden, zal afhangen van de eigenschappen van de pulp ten opzichte van de kostprijs.

## Potentiële productie en proefveldopbrengsten

Uit veldproeven die in 1990, 1991 en 1992 zijn uitgevoerd te Valthermond en Randwijk

**Tabel 34.** Chemische samenstelling en vezellengten van papiergrondstoffen.

grondstof	cellulose (in % van drooggewicht)	lignine	vezellengte (mm)
ideale grondstof	hoog	laag	1 - 4
naalddhout (Picea)	45 <sup>1)</sup>	29 <sup>1)</sup>	2.9 <sup>2)</sup>
loofhout (Betula)	38 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)</sup>	1.1 <sup>2)</sup>
hennep bast	65	4	20 <sup>3)</sup> (primaïr) 2 <sup>3)</sup> (secundair)
hennep kern	35	21	0.5 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Rydholm, 1965; <sup>2)</sup> Fengel & Wegener, 1984; <sup>3)</sup> Hoffmann, 1957; <sup>4)</sup> Heuser, 1927



Karakteristiek beeld van de hennepplant.

is gebleken dat bij tijdige zaai (half april), normale weersomstandigheden en een plantgetal van circa 65 of 90 per m<sup>2</sup> een hennepgewas op 10 juni vrijwel gesloten is. Onder goede groei-omstandigheden (voldoende vocht en meststoffen, geen ziekten) zijn voor hennepgewassen tussen gewassluiting en de bloei groeisnelheden van circa 180 kg/ha drogestof per dag gemeten. Wanneer er half september geoogst wordt, betekent dat een periode van ongeveer 100 dagen waarover er een gesloten gewas aanwezig is. Dit houdt in dat, voor een laat hennepstas dat pas na half september zou bloeien, de drogestoftoename tussen 10 juni en 18 september  $0,18 \times 100 = 18$  ton/ha drogestof zou kunnen bedragen. Op het moment van sluiten van het gewas is er ongeveer 2 ton/ha drogestof aanwezig. De potentiële opbrengst komt daarmee op circa 20 ton/ha. Aangezien een niet-bloeiend gewas 2 à 3 ton drogestof aan blad bevat, komt dat overeen met een stengelopbrengst van 17 à 18 ton/ha.

Van 1987 tot en met 1993 zijn op drie locaties veldproeven uitgevoerd: Valthermond (dalgrond), Lelystad (zwarte zavel) en Randwijk (zwarte rivierklei). De gewassen werden in het algemeen in april gezaaid en in september of

oktober geoogst. In deze proeven zijn opbrengsten behaald tussen 8 en 19 ton/ha drogestof; de stengelopbrengsten varieerden tussen 7 en 17 ton/ha. Gemiddeld lagen de drogestofopbrengsten het laagst op de dalgrond (7 tot 13 ton/ha stengel) en het hoogst op de rivierklei (11 tot 17 ton/ha stengel). Het verschil in opbrengst tussen de proeven op dalgrond en die op rivierklei was voor een deel het gevolg van de latere cultivars en latere oogsttijdstippen op de rivierklei. Het grootste deel van het opbrengstverschil moet echter een andere oorzaak hebben. Factoren die de lagere opbrengst op de dalgrond in Valthermond zouden kunnen verklaren zijn: het klimaat (Randwijk is warmer), de bodemgezondheid (deze is mogelijk slechter op de dalgrond), de zuurgraad van de bodem en de vochtvoorziening (minder gunstig op de dalgrond).

De momenteel beschikbare hennepcultivars bloeien in augustus. Vanaf de bloei neemt de groeisnelheid van het gewas af, en wordt bovendien een toenemend aandeel van de assimilaten gebruikt voor de groei van zaden, zodat de opbrengst aan stengel vrijwel niet meer toeneemt. Het door middel van een kunstmatig verlengde dag verhinderen van

de bloei verhoogde de stengelopbrengst van een Franse en een Hongaarse cultivar met gemiddeld 2,5 ton/ha. Een Japanse cultivar die half oktober bloeide, bracht circa 1.5 ton/ha meer stengel droge stof op dan een Hongaarse cultivar die een maand eerder bloeide. Het kweken van laatbloeiende cultivars lijkt dan ook een veelbelovende methode om tot hogere hennepopbrengsten te komen. Zeer laat (eind september) bloeiende cultivars zullen vermoedelijk ongeveer 2 ton/ha meer stengel opbrengen dan de momenteel beschikbare cultivars.

Vezelhennepcultivars verschillen sterk in het aandeel van de bast in de drogestof van de stengel. Dit bastaandeel bedroeg circa 21 % in de Japanse cultivar, 30 % in de Franse cultivar Fédrina 74, 36% in de Hongaarse cultivar Kompolti Hybrid TC en maar liefst 41 % in de Hongaarse cultivar Kompolti Hyper Elite. Het bastaandeel was niet van invloed op de stengelopbrengst, zodat het dus mogelijk zal zijn om in een nieuw ras laatheid (hoge stengel-opbrengst) en een hoog bastaandeel te combineren.

In de literatuur (Aloni, 1985) wordt gemeld dat de stengelopbrengst en het vezelgehalte van bastvezelgewassen verhoogd kan worden door een bespuiting met gibberelline en/of auxine of een combinatie van deze beide stoffen. In veldproeven in Lelystad is het effect van deze groeiregulatoren gedurende twee jaar onderzocht. Gebruik van deze middelen lijkt niet zinvol, aangezien het in geen van beide jaren tot een hogere stengel- of bastopbrengst leidde.

## Teeltknelpunten

Uit het onderzoek dat de afgelopen jaren is uitgevoerd, is een aantal knelpunten in de teelt van vezelhennep naar voren gekomen.

### Zaaitijdstip

Alhoewel hennep goed groeit bij lage temperaturen, wordt in het algemeen aanbevolen het gewas niet voor half april te zaaien (Van der Werf, 1991). In 1990, 1991 en 1992 zijn

op proefboerderij 't Kompas te Valthermond zaaitijdenproeven uitgevoerd. In deze proeven werden drie cultivars gezaaid op drie of vier zaaitijdstippen tussen half maart en begin mei (in 1991 zelfs 22 mei). In elk van de drie jaren was het gewas eerder gesloten naarmate er vroeger gezaaid was. Bij de eindogst (begin september) was er echter geen effect van het zaaitijdstip op de opbrengst waar te nemen.

Onder optimale omstandigheden (geen ziekten, geen gebrek aan vocht of mineralen) is de opbrengst van een gewas evenredig aan de hoeveelheid licht die in de loop van het groeiseizoen opgevangen is. In onze proeven hebben de vroeg gezaaide hennepgewassen meer licht onderschept dan de laatgezaaide, zonder dat dit tot een hogere opbrengst leidde. Mogelijk was niet de hoeveelheid licht, maar een andere factor (bodemgezondheid, pH van de ondergrond, vochtvoorziening) beperkend voor de opbrengst in deze proeven. Ook zouden de lage temperaturen waaraan het gewas bij vroeg zaaien wordt blootgesteld een stress kunnen vormen die de groeisnelheid van het gewas later in het seizoen nadelig beïnvloedt. Hoe dan ook, op basis van deze proeven kan niet geconcludeerd worden dat het in de Veenkoloniën zinvol is vroeg (maart, begin april) te zaaien. Of vroeg zaaien in andere gebieden en op andere grondsoorten wel zinvol is, zal uit eventueel verder onderzoek moeten blijken.

Het zaaitijdenonderzoek heeft ook inzicht opgeleverd in de nachtvorstgevoeligheid van hennep. Gebleken is dat hennep schade oploopt wanneer de temperatuur daalt tot - 6 °C of lager. In 1990 traden dergelijke temperaturen eind mei op. Het op 19 maart gezaaide hennepgewas was op dat moment het hoogst en had de meeste massa; de vorst beschadigde dit gewas nauwelijks. De op 2 en 17 april gezaaide hennepgewassen hadden minder bovengrondse massa gevormd en werden ernstig beschadigd. Van sommige planten was de bovenste helft dood. De op 1 mei gezaaide hennep verkeerde bij het optreden van de vorst in het kiemplantstadium en ondervond geen enkele schade.

Concluderend lijkt het voorlopig weinig zinvol



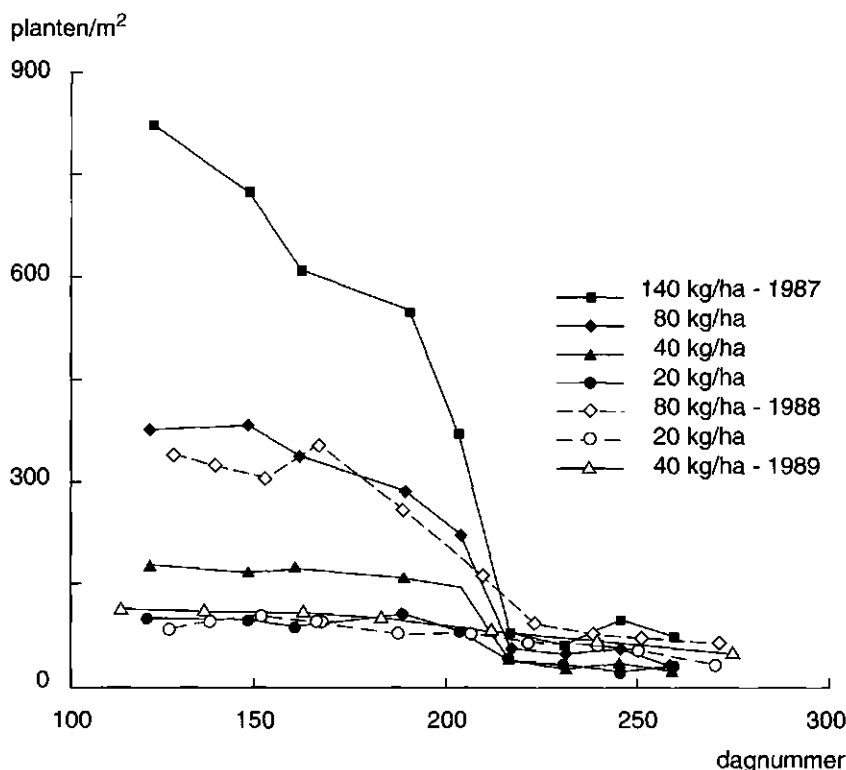
eerder dan half april te zaaien. Met name op dalgrond vergroot dit de kans op schade door nachtvorst zonder dat het hogere opbrengsten mogelijk lijkt te maken. Nader onderzoek op klei- en zandgrond zal moeten leren in hoeverre voeg zaaien op deze gronden tot opbrengstverhoging leidt.

### Plantgetal en zelfdunning

De in de literatuur aanbevolen zaaizaadhoeveelheid voor vezelhennep ligt tussen de 40 en 150 kg/ha. Dit komt overeen met ongeveer 200 tot 750 planten/m<sup>2</sup> kort na opkomst. Een toename van het plantgetal van 80 tot 400/m<sup>2</sup> heeft vrijwel geen effect op de stengelopbrengst. De kwaliteit van de stengel (het bastaandeel) neemt echter wel toe naar-

mate het plantgetal hoger is (Dempsey, 1975). Uit het onderzoek dat is uitgevoerd door Meijer en Mathijssen (CABO-DLO) van 1987 tot en met 1989 is gebleken dat in de in Nederland verbouwde hennepgewassen minder planten overleven tot de eind oogst dan beschreven wordt voor hennepgewassen verbouwd in andere landen van Europa (figuur 14). Een nadere analyse van de resultaten van Meijer en Mathijssen en van de uitkomsten van plantgetalproeven die in 1991 en 1992 in Randwijk zijn uitgevoerd, heeft geleerd dat deze verschillen in aantallen overlevende planten voornamelijk het gevolg zijn van verschillen in opbrengstniveau.

Bij hoge plantdichtheden zoals die in hennep nagestreefd worden, kan de concurrentie tussen de planten zo fel zijn, dat een deel van de



**Fig. 14.** Het verloop van het aantal levende hennepplanten gedurende het groeiseizoen voor gewassen van verschillende zaaidichtheden in 1987 (driehoeken), 1988 (ruiten) en 1989 (cirkels).

planten sterk achterblijft in groei en uiteindelijk afsterft. Dit verschijnsel is onder andere bekend vanuit de bosbouw en wordt 'zelfdunning' genoemd (Westoby, 1984). Zelfdunning is ongewenst, aangezien planten die in de loop van het groeiseizoen doodgaan niet geoogst worden. Gebleken is dat het maximaal mogelijke aantal levende planten per oppervlakte-eenheid kleiner is naarmate het gemiddelde plantgewicht groter is. Met andere woorden (en extreem gesteld): op een hectare passen minder 100 jaar oude eiken dan radijsjes van zes weken.

In hennep ligt het maximaal mogelijke aantal levende planten bij een bovengrondse drogestofopbrengst van 10 ton/ha op circa 460/m<sup>2</sup>, en bij 15 ton/ha op circa 120/m<sup>2</sup>. In veel van de traditionele hennepgebieden in Europa worden opbrengsten van 8 tot 10 ton/ha gehaald. In Nederland hebben we, dankzij een wat latere bloei en een vermoedelijk betere vochtvoorziening, opbrengsten van 10 tot meer dan 15 ton/ha. Als gevolg van de hogere opbrengsten zal de maximaal mogelijke plantdichtheid in Nederland lager liggen.

In 1991 en 1992 is de cultivar Kompolti Hybrid TC verbouwd bij 10, 30, 90 en 270 planten/m<sup>2</sup>. Bij het plantgetal 90/m<sup>2</sup> werd half september de hoogste stengelopbrengst behaald. Ook het aandeel van de bast in de drogestof van de stengel was bij dit plantgetal het hoogst (tabel 35).

Bij het plantgetal 270/m<sup>2</sup> trad veel zelfdunning op en was de stengelopbrengst aanzienlijk lager dan bij 90/m<sup>2</sup>. Een plantgetal van

90/m<sup>2</sup> lijkt voorlopig een goede keuze voor vezelhennepgewassen in Nederland. Bij een zaadgewicht van 21 mg en een veldopkomst van 85% moet er dan circa 22 kg zaad per ha gezaaid worden. Nieuw plantgetalonderzoek met een wat nauwere reeks van plantgetallen zal een nauwkeuriger bepaling van het optimale plantgetal mogelijk maken.

## Schimmelziekten

In het buitenland wordt hennep als een vrijwel ziektevrij gewas beschouwd. Dat dit in Nederland anders ligt bleek al in 1987, toen met de cultivars Fédora 19 en Fédrina 74 een veldproef in de Flevopolder werd uitgevoerd. In dit natte jaar richtten de schimmels *Sclerotinia sclerotiorum* en vooral *Botrytis cinerea* grote schade aan in de hennepgewassen en werden stengelopbrengsten van slechts 8 ton/ha drogestof behaald (Meijer & De Meijer, 1990). In 1988 en 1989 werd het onderzoek voortgezet in Randwijk met de cultivar Fédrina 74. In deze proeven werden preventief regelmatig bespuitingen met fungiciden uitgevoerd om problemen met deze schimmels te voorkomen en werden stengelopbrengsten van 11 à 12 ton/ha behaald. In de meeste van de proeven waarvan de resultaten hier worden besproken zijn voorzichtigheidshalve op dezelfde wijze preventieve bespuitingen uitgevoerd. Met name de cultivar die het meest in de proeven gebruikt is (Kompolti Hybrid TC) lijkt gevoeliger voor *Botrytis* te zijn dan andere cultivars.

**Tabel 35.** Het effect van het plantgetal bij opkomst op het plantgetal bij oogst, de opbrengst en het bast-aandeel in de stengel van vezelhennep. Gemiddelde gegevens van 16 september 1991 en 14 september 1992 voor de cultivar Kompolti Hybrid TC.

	plantgetal bij opkomst (planten/m <sup>2</sup> ) plantgetal bij de oogst			
	10 10	30 29	90 72	270 111
bovengrondse drogestof (t/ha)	13,8	17,4	17,5	15,1
stengel drogestof (t/ha)	10,8	14,5	15,1	12,9
bast in drogestof stengel (%)	32,8	33,8	35,7	35,0

In 1991, 1992 en 1993 is te Valthermond (dalgrond) voor de cultivar Kompolti Hybrid TC onderzocht wat het effect van één of twee maal spuiten met een fungicide is, ten opzichte van niet spuiten. In 1991 en 1992 was er geen significant effect van de bespuitingen op de opbrengst; in het natte jaar 1993 verhoogde spuiten de stengelopbrengst. Gemiddeld over de drie jaren bedroeg de drogestofopbrengst aan stengel 10,0, 10,4 en 10,4 ton/ha voor respectievelijk niet, één- en tweemaal spuiten. Deze proef leert ons niet of nog vaker spuiten, zoals in vele van de andere proeven standaard is gedaan (circa zes maal in het groeiseizoen), tot hogere opbrengsten zou hebben geleid. Zes bespuitingen per groeiseizoen zijn echter economisch en milieutechnisch niet verantwoord en, gezien de lengte van het gewas, praktisch moeilijk uitvoerbaar. Eén of twee maal spuiten zou wel aanvaardbaar kunnen zijn. Gezien het geringe effect op de opbrengst lijkt dat echter weinig zinvol. Op dit moment zijn er nog geen middelen toegelaten.

Het vermijden van te hoge plantgetallen, zodat geen zelfdunning optreedt, zal mogelijk ook leiden tot minder optreden van schimmelziekten. De achtergebleven en uitvallende planten waarmee zelfdunning gepaard gaat, zijn vermoedelijk extra vatbaar voor schimmelziekten en zouden het optreden van deze ziekten in het gewas kunnen bevorderen.

Concluderend lijkt met name Botrytis een probleem in natte jaren. Of hier op economisch verantwoorde wijze iets aan te doen is, is de vraag. Er lijken rasverschillen te zijn wat betreft het optreden van Botrytis. In het veredelingsprogramma zou resistentie tegen deze schimmel prioriteit moeten hebben.

## Oogst

In de huidige teeltgebieden (Frankrijk, Oost-Europa) wordt hennep op het land gemaaid en in het zwad gedroogd. Dit zou in Nederland ook kunnen, maar dan zou voor september geoogst moeten worden (Huisman & De Maeyer, 1993). Dit zou echter tot een kort groeiseizoen en daarmee een lage stengel-

opbrengst leiden. Om bedrijfszeker oogsten in september mogelijk te maken, is door LUW-Agrotechniek en IMAG-DLO de mogelijkheid van maaihakselen gevolgd door inkuielen onderzocht. Dit blijkt goed mogelijk, mits het blad van tevoren door middel van toppen verwijderd wordt en bij het inkuielen een toevoegmiddel wordt gebruikt.

## Rol in het bouwplan

Hennep lijkt een aantrekkelijk gewas in het bouwplan te zijn. In de literatuur wordt hennep een goede voorvrucht genoemd, omdat het gewas onkruiden onderdrukt en een goede structuur van de bouwvoor achterlaat (Van der Werf, 1991). Hennep is vrij zelfverdraagzaam. In Rusland en de Oekraïne wordt hennep soms 5 tot 10 jaar achter elkaar op hetzelfde perceel verbouwd. Deze teeltwijze gaat ten koste van de opbrengst, maar de opbrengstreductie blijft vrij beperkt (tot ongeveer 20 %).

Onderzoek door IPO-DLO (Kok et al., 1993) laat zien dat hennep een onderdrukkend effect heeft op de bodemschimmel *Verticillium dahliae* en het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*). Hennep onderdrukt ook het noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*), zij het in wat mindere mate. Bovendien is voor dit laatste aaltje door CPRO-DLO (Hennink et al., 1993) vrijwel volledige resistentie gevonden, waardoor vermoedelijk rassen ontwikkeld kunnen worden die resistent tegen dit aaltje zijn.

## Gewassaldo

In Nederland heeft de afgelopen decennia geen teelt van vezelhennep plaatsgevonden. Aangezien er geen verwerkende industrie aanwezig is, is er ook geen marktprijs bekend. De hier weergegeven saldoberekening is grotendeels gebaseerd op de berekening die Van Berlo et al (1993) hebben opgesteld. Voor de saldoberekening (tabel 36) is uitgegaan van een drogestofopbrengst van 10 ton/ha stengel met een bastaandeel van 35 %.

**Tabel 36.** Voorlopige saldoberekening per ha vezelhennep in guldens.

omschrijving	hoeveelheid	prijs	bedrag
opbrengsten			
hoofdprodukt	10.000	180	1800
subsidie			1700
<b>totaal (A)</b>			<b>3500</b>
<b>kosten eigen mechanisatie</b>			
zaaizaad	20	8,00	160
bemesting: N	125	1,07	133,75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46	0,86	39,56
K <sub>2</sub> O	172,5	0,56	96,60
verzekering en rente			45
inkuilen			682
<b>totaal (B)</b>			<b>1157</b>
saldo E.M. (A-B)			2343
<b>kosten loonwerk</b>			
borsteltoppen			75
maaihakselen			400
veldtransport			200
<b>totaal (C)</b>			<b>675</b>
<b>saldo (A-B-C)</b>			<b>1668</b>

Er wordt gerekend met een hennep prijs van f 180,- per ton drogestof. Deze prijs is gebaseerd op de prijs van hout. Indien de teler een cultivar gebruikt die op de Europese rassenlijst staat, kan hij een subsidie van f 1700,- ontvangen.

De belangrijkste kostenposten zijn zaaizaad, kunstmest, oogst (toppen, hakselen en transport), inkuilen (plastic, aanrijden, toevoegmiddel) en rente. Bij gebruik van dierlijke mest zouden de bemestingskosten aanzienlijk verlaagd kunnen worden. Ook het inzetten van eigen mechanisatie voor veldtransport zou tot een hoger saldo kunnen leiden.

Op basis van de hier gehanteerde uitgangspunten zou hennep een interessant gewas kunnen zijn. Het saldo is wel volledig afhankelijk van de subsidie, wat met name een onzekere factor vormt bij het aangaan van investeringen in een verwerkende industrie.

## Verwerking en afzet

Hennepstengels kunnen verwerkt worden tot een reeks van pulpen, laagwaardige zowel

als hoogwaardige (Van Berlo, 1993). Aangezien papierfabrieken niet geneigd zijn om een grondstof te gebruiken die twee extreem verschillende typen vezels bevat, lijkt het het best om de stengels voor het verpulpen in bast en kern te scheiden. Scheiden van het gehakselde materiaal in bast en kern nadat het uit de kuil is gehaald, lijkt technisch goed mogelijk (Huisman et al., 1993). Mechanische verpulping is aantrekkelijker dan chemische, omdat mechanische processen op een kleinere schaal economische rendabel kunnen zijn (Van Berlo, 1993). Bovendien zijn mechanische pulpprocessen meer flexibel, omdat ze zowel de hele stengel als de bast- en kernfractie afzonderlijk adequaat kunnen ontsluiten. Op grond van het onderzoek dat de afgelopen jaren op het ATO-DLO is verricht, lijkt een mechanisch pulpproces met een alkalische voorontsluiting de beste optie voor een te bouwen hennepulpfabriek (Van Berlo, 1993).

Technisch lijkt de verwerking van hennepstengels tot diverse pulpen geen probleem. Economisch echter is de situatie op dit moment weinig rooskleurig, aangezien de we-

reldmarktprijzen van pulp momenteel zeer laag zijn. Daardoor zijn op dit moment investeringen in de pulpindustrie in het algemeen weinig interessant. Voor een hennepulpfabriek komt daar nog eens bij dat de technologie voor scheiden en verpulpen op laboratoriumschaal werkt, maar op praktijkschaal nog getest en toegepast moet worden. Bovendien vormt de sterke afhankelijkheid van de teeltsubsidie een extra handicap.

## Perspectief

Hennep is een gewas dat in Nederland vermoedelijk zonder al te veel problemen in de praktijk geteeld, geoogst en bewaard kan worden. Voor de akkerbouw is het een aantrekkelijk gewas omdat het goed in de vruchtwisseling past en weinig problemen lijkt te geven met onkruiden, ziekten en plagen. Gebruik van pesticiden lijkt niet nodig in dit gewas.

Het grote probleem is dat in Nederland de industrie momenteel als gevolg van de zeer lage pulpprijzen niet geïnteresseerd is om te investeren in een pulpfabriek voor hennep. Dat vezelhennep echter wel degelijk mogelijkheden biedt, blijkt uit het feit dat in 1993 het areaal hennep in Frankrijk 6000 ha bedroeg, hetgeen 50 % meer is dan in 1992. In Frankrijk bestaat al jaren een verwerkende industrie voor hennep. De Franse Nationale Federatie van Hennep Producenten (FNPC) ziet perspectief in nieuwe afzetmogelijkheden voor hennep, onder andere in de textielsector en in de vezelplatenindustrie.

Ook in Engeland valt er iets op te steken, aangezien daar in 1993 voor het eerst sinds tientallen jaren weer hennep (600 ha) verbouwd wordt. De firma Hemcore, die contracten afsluit met telers voor de verbouw van hennep, voorziet een oppervlakte van 1200 ha voor 1994 (Cooksley, 1993). Hemcore heeft een eenvoudige verwerkingsfabriek opgezet waarin droge stengels in bast en kern gescheiden worden. De kern wordt verwerkt tot strooisel voor paarden en de bast wordt afgezet in de Engelse papierindustrie. Daarnaast onderzoekt men afzetmogelijkheden

voor de bastvezel in de textielsector.

In Nederland wordt hennep momenteel op grote schaal in kassen geteeld voor de productie van zaad (legaal) en genotsmiddelen (illegaal). Mogelijk kunnen wij van de ontwikkelingen in Engeland en Frankrijk lering trekken en kan hennep ook voor de Nederlandse akkerbouw een opsteker zijn.

## Literatuur

Aloni, R. Plant growth method and composition. United States of America Patent no. 4, 507 (1985), p. 144.

Berlo van, J.M. Papier uit hennep van Nederlandse grond, mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport, december 1993.

Berlo van, J.M., M. van Onna, P.C. Struik, H.M.G. van der Werf, W. Huisman & E.A.A. de Maeyer. Uitgangspunten bij de saldoberekening van hennep teelt en de vergelijking met concurrerende gewassen. In: J.M. van Berlo (editor) Papier uit hennep van Nederlandse grond, mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport, december 1993, p. 152-159.

Cooksley, J. Hemp acreage will expand after first year's succes. Arable Farming, (1993).

Dempsey, J.M. Hemp. In: Fiber crops. University of Florida Press, Gainesville, USA (1975), 46-89.

Fengel, D. & G. Wegener. Wood. Chemistry, ultra structure and reactions. De Gruyter, Berlin (1984).

Hennink, S., E.P.M. de Meijer, L.J.M. van Soest & H.M.G. van der Werf. Rassenperspectief van hennep t.a.v. opbrengst, produktkwaliteit en EG-subsidies. In: J.M. van Berlo (editor) Papier uit hennep van Nederlandse grond, mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport, december 1993, p. 108-120.

Heuser, O. Hanf und Hartfaser. Julius Springer Verlag, Berlin (1927), 156 p.

Hoffmann, W. Hanf, Cannabis sativa. Handbuch der Pflanzenzuchtung. Band V (1957).

Huisman, W. & E.A.A. de Maeyer. Conservering en opslag van vezelhennep. In: J.M. van Berlo (editor) Papier uit hennep van Nederlandse grond,

mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport, december 1993, p. 131-141.

Huisman, W., E.A.A. de Maeyer & H.G. Breemhaar. Scheiding van bast en hout van vezelhenne. In: J.M. van Berlo (editor) Papier uit hennep van Nederlandse grond, mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport, december 1993, p. 142-151.

Keto, A. The environmental implications of the use of kenaf as an alternative to wood pulp for paper. In: M.U.F. Kirschbaum (editor), Development of a kenaf industry in Australia. Bureau of Rural Resources, Proceedings No. 9, Canberra (1990), p. 37-43.

Kok, C.J., G.C.M. Coenen, P.W.Th. Maas, M. Gerlagh & G. Dijkstra. Effect van hennep op bodempathogenen. In: J.M. van Berlo (editor) Papier uit hennep van Nederlandse grond, mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport, december 1993, p. 99-107.

Meijer, W.J.M. & E.P.M. de Meijer, 1990. Wordt het wat met hennep? Landbouwkundig Tijdschrift 102 (1990), p. 26-28.

Rydholm, S.A. Pulping processes. Inter-science publishing, New York (1965).

Stafford, B. Worldwide fibre supply in the context of the demand for pulp and paper over the next two decades. In: M.U.F. Kirschbaum (editor), Development of a kenaf industry in Australia. Bureau of Rural Resources, Proceedings No. 9, Canberra (1990), p. 3-10.

Werf, van der H.M.G. Agronomy and crop physiology of fibre hemp. A literature review. CABO Report 142 (1991).

Westoby, M. The self-thinning rule. Advances in Ecological Research 14 (1984), p. 167-225.

# Miscanthus, een meerjarig energie- en vezelgewas

*dr.ir. A.Darwinkel, ing. W.C.A. van Geel en  
ing. H.M.G. van der Werf MSc.*

## Inleiding

In verband met de eindigheid van fossiele brandstoffen en de belasting voor het milieu (broeikas-effect) wordt thans wereldwijd gezocht naar alternatieve energiebronnen. Daarbij wordt met name gedacht aan afvalstoffen en aan biomassa (Lysen et al, 1992). Naast vergisting van organische stoffen (mest en GFT) tot biogassen komen voor directe verbranding ondermeer afvalprodukten zoals gebruikt hout en berafval, en agrarische bijprodukten zoals stro, in aanmerking. Ook de mogelijke toepassing van speciaal te produceren gewassen, zoals snelgroeiend hout en miscanthus, krijgt thans aandacht.

Als vezelgewas kan miscanthus, evenals stro en hout, ook dienen als grondstof voor papier- en houtverwerkende industrieën. In Europa, maar met name in Nederland, bestaat een grote behoefte aan hout; van buiten de EG worden grote hoeveelheden hout geïmporteerd.

Zowel voor de energieproductie als voor de industriële verwerking is een regelmatig aanbod van goede kwaliteit gewenst. Miscanthus is een meerjarig gewas, dat zekerheid geeft ten aanzien van levering. Voor beide afzetmarkten is miscanthus, net als hout, een bulkprodukt. De wereldmarktprijs van hout is laag. Voor een commerciële teelt zullen jaarlijks hoge opbrengsten nodig zijn.

Voor het bereiken van een hoog opbrengstniveau is een grondige kennis van groei en ontwikkeling van dit gewas nodig. Daarmee wordt inzicht in de produktiemogelijkheden van miscanthus verkregen en kan een optimale teelttechniek worden ontwikkeld.

In het onderzoek worden de mogelijkheden van miscanthus als grondstof voor de opwekking van energie en voor de productie van

bouwmaterialen bestudeerd; voor afzet naar de papierindustrie vindt momenteel nauwelijks onderzoek plaats. Het onderzoek heeft een sterk multidisciplinaire aanpak, waarbij teelt en mechanisatie, produktverwerking en economische haalbaarheid zijn betrokken. In wisselende samenstelling worden diverse onderzoeksaspecten aangepakt. Bij het onderzoeksprogramma van miscanthus zijn de volgende instanties betrokken: Biomass Technology Group (BTG) van de TU Twente, LU Wageningen (Vakgroep Agrotechniek en -fysica), IMAG-DLO, LEI-DLO, PAGV en het bedrijfsleven (Agromiscanthus BV).

Centraal in het teeltkundig onderzoek, dat wordt uitgevoerd door het PAGV, staan hoge biomassa-opbrengsten. Problemen vormen met name de (zeer) hoge kosten van aanplant, het verkrijgen van volledige plantbezetting en de vorstgevoeligheid. Het teeltkundig onderzoek betreft met name vraagpunten als plantgoed, aanslag, plantdichtheid, bemesting, bodemgeschiktheid en produktiviteit. Het onderzoek wordt uitgevoerd op meerdere proefplaatsen (PAGV-Lelystad en ROC's 't Kompas, Ebelsheerd en Wijnandsrade).

Het onderzoek (teelt en mechanisatie, verwerking en economische haalbaarheid) wordt mede gefinancierd door EG en NOVEM. In het Noorden verlenen de provincies financiële ondersteuning bij de teeltintroduktie van miscanthus op praktijkschaal.

## Gewasomschrijving

Het geslacht miscanthus omvat een groot aantal soorten, die van nature voorkomen in gematigde en subtropische klimaatzones van Oost-Azië (China, Japan, Korea). Miscanthus is een monocotyl, op bamboe gelijkende plant, die zich door zaad verspreidt en zich door rhizomen meerjarig in stand houdt. Als siergewas wordt de plant in tuinen geteeld.

Miscanthus, waarover hier als gewas wordt

gesproken, is waarschijnlijk spontaan ontstaan door een kruising van de veel voorkomende *M. sinensis* en *M. sacchariflorus* en staat beschreven als *Miscanthus sinensis giganteus* (Greef & Deuter, 1993). Deze miscanthus kenmerkt zich door een robuuste groeiwijze en een hoge produktiviteit. De ontwikkeling verloopt in ons klimaat grotendeels vegetatief door vorming van blad, stengels en rhizomen; zaden worden niet vaak geproduceerd en zijn niet kiemkrachtig. De verspreiding van deze plant heeft uitsluitend vegetatief plaats(gehad).

Miscanthus wordt ten onrechte ook wel olifantsgras genoemd; met olifantsgras (*Penisetum purpureum*) wordt in de tropen een veel voorkomend snijgras aangeduid. Om misverstanden te voorkomen wordt hier niet gesproken van olifantsgras, maar wordt de naam miscanthus aangehouden.

Evenals maïs en suikerriet is miscanthus een zogenaamde C<sub>4</sub>-plant; bij hogere temperaturen zijn deze planten in staat licht, water en mineralen efficiënter te benutten dan C<sub>3</sub>-planten, welke in gematigde gebieden voorkomen. De hoge produktiviteit, gekoppeld aan een lang groeiseizoen zijn gunstige voorwaarden voor hoge biomassa-opbrengsten.

De voorjaarsontwikkeling begint in april met het uitlopen van spruiten vanuit de rhizomen. Door snelle aanleg van grote bladeren wordt vroegtijdig veel licht onderschept. Dit bevordert de gewasproduktiviteit en onderdrukt onkruiden. Tijdens voorjaar en zomer kan een meerjarig gewas gemakkelijk 50 stengels per plant produceren. De stengels bestaan uit leden en knopen en kunnen een lengte van meer dan 3 meter bereiken.

In voorjaar en zomer komen de geproduceerde assimilaten uitsluitend terecht in stengels en bladeren. De aanleg van spruiten stopt aan het einde van de zomer en vanaf september vindt vorming en groei van rhizomen plaats. Voor een goede winterhardheid en vlotte (spruit)ontwikkeling in het volgende voorjaar moeten de rhizomen van voldoende assimilaten worden voorzien. Aan het einde van de groeiperiode (november) is dan ongeveer één derde van het plantgewicht in de rhizomen aanwezig (Greef, 1992). Bij vroeg in-

treddende nachtvorst wordt daaraan niet voldaan.

De groei van miscanthus wordt beëindigd door vorst. Het gewas sterft bovengronds af en droogt in. Tijdens de winter vallen de bladeren en de toppen van de stengels af. De uitgedroogde stengels kunnen aan het eind van of kort na de winter worden geoogst.

## Afzetmarkten

Miscanthus levert biomassa, die voor een belangrijk deel uit vezels bestaat. De afzet van miscanthus zal dan ook vooral plaatsvinden in die marktsectoren waar thans hout als grondstof fungeert. Ten behoeve van de papier- en vezelplaatindustrie worden in Nederland grote hoeveelheden hout geïmporteerd: in 1992 werd netto circa 13 à 14 miljoen m<sup>3</sup> ingevoerd (informatie: Stichting Bos & Hout). Door de hoge produktiviteit komt miscanthus ook in aanmerking als energiegewas. In het door het Ministerie van Economische Zaken ondersteunde project 'Energiewinning uit Afval en Biomassa (EWAB)' wordt aan miscanthus grote waarde toegekend door de langjarige, hoge produktie van energierijke biomassa.

De *energetische waarde* van biomassa als brandstof wordt vooral bepaald door het gehalte aan N-vrije inhoudstoffen, zoals vezels, zetmeel en suikers. Eiwitten en mineralen zijn door vorming van (vluchtige) stikstofoxiden en as minder gewenst. Houtachtige oogstprodukten voldoen veelal goed aan deze voorwaarden; bladachtig materiaal in veel mindere mate. Het (stengelige) oogstprodukt van miscanthus voldoet uitstekend als energiegewas. De produktie van biomassa is hoog, de inhoudstoffen zijn overwegend N-vrije verbindingen met een vrij laag mineraalgehalte; bovendien wordt het produkt met een hoog drogestofgehalte geoogst. Het oogstprodukt is geschikt als brandstof voor kleinere verbrandingsinstallaties, maar kan ook worden toegevoegd aan kolengestookte elektriciteitscentrales. Het gebruik van biomassa als brandstof is naast de verbrandingswaarde afhankelijk van de wijze



waarop verbranding plaatsheeft. Aan deze conversietechnologie wordt uitgebreid onderzoek gedaan (zie bijdrage Van Onna). Thans wordt een vervanging van ca. 5 % van het totale energieverbruik als mogelijk beschouwd (in Zweden is dit momenteel 14 %!). Om daaraan te kunnen voldoen, is in Nederland theoretisch een oppervlakte van 0,5 miljoen hectare grond nodig (Lysen et al, 1992).

Binnen de *papierindustrie* worden duidelijke eisen gesteld aan de grondstof. Echter, afhankelijk van de papiersoort en -kwaliteit, kunnen de eisen nogal verschillen, en mede daardoor is het mogelijk, dat de meeste houtige grondstoffen wel in enig segment van de papierverwerking kunnen worden ingezet. Gunstig voor de verwerking tot papier zijn lange vezels, een hoog cellulosegehalte en lage gehalten aan lignine, silica ( $\text{SiO}_2$ ) en as (zie bijdrage Van der Werf). Het veelgebruikte naaldhout met een vezellengte van circa 3 mm voldoet daaraan; miscanthus, als ook populier, slechts ten dele (zie tabel 37).

De kwaliteit van miscanthus en populier zijn minder dan van naaldhout door kortere vezels en een hoger ligninegehalte; ook het asgehalte blijkt vaak wat hoger te zijn. Bij een onderlinge vergelijking scoort miscanthus wat beter dan populier. Bij de verwerking tot papier leveren de stengelknopen van miscanthus, net als bij stro, enige problemen op. De industriële processen voor de productie van papierpulp zijn op (naald)hout afgestemd. Door de jarenlange ervaring is binnen de bedrijven een effectief en efficiënt procédé ontwikkeld, waarmee een grote investering in machines gemoeid was. Voor nieuwe, afwijkende grondstoffen zal het proces moeten worden aangepast. De geringe interesse van

de papierindustrie is daarmee verklaarbaar. Bovendien is de lage prijs van hout (minder dan 200 gulden per ton droge stof) voor alternatieven een grote handicap.

Als *bouwmateriaal* wordt veel hout verwerkt in vezelplaten. De samenstelling van de vezelplaten varieert al naar gelang de bestemming (houtplaten, isolatieplaten). Aan de grondstof worden geen hoge eisen gesteld, zodat vele houtige grondstoffen geschikt (te maken) zijn. Binnen deze afzetmarkt zal met name de prijs een belangrijke rol spelen; normaliter ligt deze iets onder de prijs van papierhout.

Andere, mindere goed overzienbare, mogelijkheden zijn gelegen in geotextiel; de intacte miscanthus-stengels kunnen daartoe als grondstof dienen (Lysen et al, 1992). Naar andere mogelijkheden voor de afzet van miscanthus wordt gezocht. Als mogelijkheid wordt ondermeer het vervangen van steenwol in hydro-cultures gezien.

## Potentiële produktie

Door een grote produktiviteit en een lange groeiperiode is miscanthus in staat om zeer veel biomassa te produceren. Onder West- en Midden-Europese omstandigheden worden drogestofopbrengsten gemeld van 15 tot meer dan 40 ton drogestof per hectare (Schwarz et al, 1993). In Denemarken worden onwaarschijnlijk hoge bovengrondse drogestofopbrengsten van 40 ton per hectare geclaimd (Knoblauch, 1990). Voor de produktie van één kg (bovengrondse) drogestof is 200 liter water nodig (Dehli & Müller, 1990). Onder Nederlandse omstandigheden zou miscanthus bij een ongestoorde groei een potentiële

**Tabel 37.** Samenstelling van de houtige bestanddelen van miscanthus en populier.

	miscanthus <sup>1</sup>	populier <sup>1</sup>	berk <sup>2</sup>	naaldhout <sup>2</sup>
vezellengte (mm)	1,4 - 1,8	1,0 - 1,5	1,1	2,9
lignine (%)	23	21	20	29
cellulose (%)	48	43	38	45

<sup>1</sup>) naar Rijssenbeek (1992)

<sup>2</sup>) naar Van der Werf e.a. (zie bijdrage)

drogestofopbrengst moeten kunnen bereiken van 30 à 35 ton per hectare (Van Heemst et al, 1978); een dergelijke opbrengst is alleen mogelijk op gronden met een vochthoudend vermogen van minstens 200 mm, zoals kleigronden. Op goed vochthoudende (zand- en dal) gronden zou een opbrengst van 25 à 30 ton drogestof per hectare, op droogtegevoelige gronden 20 à 25 ton per hectare haalbaar zijn. In 1991 werd op een goed vochthoudende dalgrond de ontwikkeling en de produktie van een 4-jarig, volledig gesloten miscanthus-gewas gedurende het seizoen vastgesteld en modelmatig vergeleken met die van maïs (Van der Werf et al, 1993). In het begin van oktober werd een bovengrondse drogestofopbrengst gemeten van 21,8 ton/ha, waarvan 73 % stengel. De lichtbenutting van miscanthus is vergelijkbaar met die van een vegetatief groeiende maïs. Op basis hiervan kan onder gemiddelde Nederlandse groei-omstandigheden voor miscanthus een bovengrondse biomassa-opbrengst worden berekend van 24,9 ton/ha. Dit betekent dat jaarlijks een opbrengst van 15 à 18 ton/ha aan droge stengels te oogsten zal zijn.

Maximale opbrengsten worden slechts verkregen in gewasbestanden met een volledige lichtonderschepping. Bij miscanthus wordt zo'n bestand pas in het 3e of 4e jaar na het inplanten bereikt. Mede door de hoge kosten van het plantgoed is de plantdichtheid laag (meestal één plant/m<sup>2</sup>) en is de opbrengst in het eerste jaar nog beperkt. Het plantmateriaal bestaat dan grotendeels uit blad en bladschede en wordt niet geoogst. In het tweede jaar werden bovengrondse drogestofopbrengsten gemeten tot 15 ton/ha; in het derde jaar tot 24 ton/ha (Schwarz et al, 1993) en wordt de maximale opbrengst benaderd. De in de literatuur vermelde biomassa-opbrengsten vertonen nogal grote verschillen; deze hangen veelal samen met standdichtheid, weersomstandigheden en met name grondsoort en vochtvoorziening. De produktieduur van miscanthus wordt ingeschat op 10 à 15 jaar. Na een produktiecyclus van 15 jaar is een totale stengelopbrengst van ruim 200 ton drogestof per ha mogelijk. Deze is goed vergelijkbaar met die van de populier (KWIN, 1993). Wel kan miscanthus

reeds vanaf het 2e teeltjaar worden geoogst en dientengevolge inkomsten opleveren.

## Teeltknelpunten

### Teeltgebieden

Vanwege de grote biomassaproduktie stelt miscanthus met name eisen aan de vochtvoorziening. Volgens Deense ervaringen zal miscanthus vooral op lichte, goed ontwaterde, humusrijke gronden gedijen. Op basis hiervan wordt door het Staring Centrum (SC-DLO) 1780000 hectare, overeenkomend met circa 55 % van de Nederlandse cultuurgrond, beschouwd als zijnde goed of matig geschikt voor de teelt van miscanthus (Van Soesbergen & Van Lanen, 1992). De niet te zware kleigronden worden daarbij als goed, de oostelijke en zuidelijke zandgronden als matig tot goed, de veenkoloniale gronden als matig en de centrale zand-, zware klei- en lössgronden als minder geschikt gekwalificeerd. In 1993 was de opbrengst van miscanthus in het eerste teeltjaar op lössgrond (Wijnandsrade) echter duidelijk hoger dan op zavelgrond (Lelystad) en dalgrond (Valthermond); op zware kleigrond (Nieuw-Beerta) bleef de groei duidelijk achter.

De ontwikkeling van miscanthus in de beginjaren blijkt sterk afhankelijk te zijn van de grondsoort (Schwarz & Schnug, 1993). In hun onderzoek werden in het eerste en tweede jaar op lichte gronden hogere, in het derde jaar lagere opbrengsten dan op (middel) zware gronden behaald. Waarschijnlijk gaat bij de jaarlijks toenemende produktie op lichte gronden de vochtvoorziening een beperkende factor worden.

Late nachtvorsten in het voorjaar en vroege nachtvorsten in de herfst zijn schadelijk voor de teelt van miscanthus. Ook percelen of gronden die gevoelig zijn voor waterplekken, zijn niet geschikt (Schwarz et al, 1993).

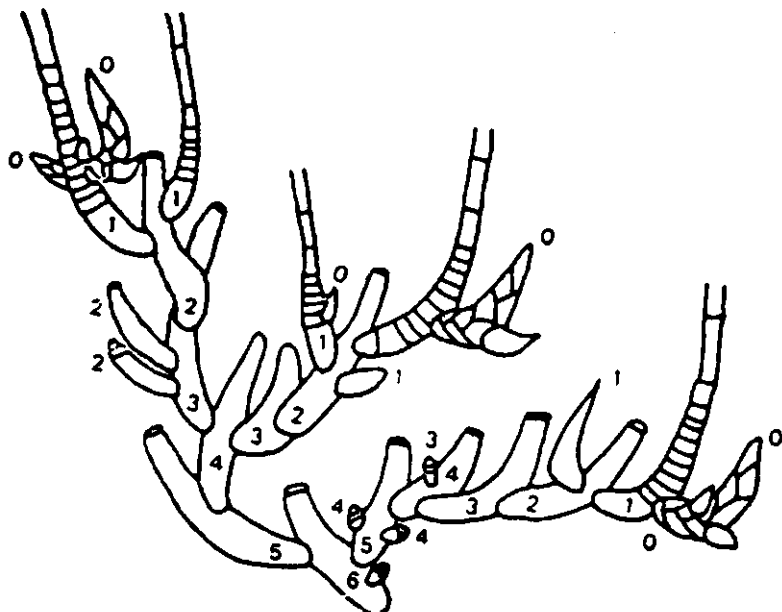
### Plantgoed/aanslag

Voor de teelt op praktijkschaal zijn de hoge kosten van het plantgoed een groot pro-

bleem. Van deze miscanthus is geen fertiel zaad voorhanden. De inplant geschiedt veelal met vegetatief opgekweekte microplanten, die momenteel circa één gulden per stuk kosten. Voor de aanplant van één hectare miscanthus betekent dit een investering van zo'n f 10.000.-! Goedkoper plantgoed is een eerste voorwaarde om de teelt van miscanthus in de praktijk van de grond te krijgen. Als plantgoed worden rhizoomstukken of microplanten gebruikt. Rhizomen zijn wortelstokken (zie afbeelding 2); microplanten worden uit weefselcultures opgekweekt (Haase & Adeli, 1990). Gezien de forse groei en ontwikkeling van miscanthus wordt een bezetting (zonder open plekken) van één plant per m<sup>2</sup> als voldoende beschouwd. Weliswaar komt een hogere plantdichtheid de productie in de eerste jaren ten goede (El Bassam et al, 1992), maar gezien de hoge prijs van het plantgoed zou een hogere plantdichtheid ook een (veel) te hoge investering vragen. Bij gebruik van rhizomen is met name een onvolledige aanslag, meestal 70 à 80 %, een groot probleem. Bij microplanten is de aanslag

meestal geen probleem, maar de vorstgevoeligheid in de eerste winter blijkt een grote handicap. Na de winter van 1992/1993 bleken alle eenjarige microplanten te zijn uitgevroren! Bij gebruik van rhizomen als plantmateriaal is dit risico veel kleiner (ervaringen te Valthermond in 1992/1993; Boelcke, 1993) en zijn mogelijkheden voorhanden om de kosten te verlagen. Het onderzoek zal zich dan ook vooral richten op verbetering van de aanslag van rhizomen.

De kosten van het plantgoed kunnen worden beperkt, wanneer de teler zelf zijn eigen plantmateriaal produceert. Daartoe zullen eerst moederplanten moeten worden gekweekt, welke na twee à drie jaar geschikte rhizomen opleveren. In onderzoek van Hotz et al (1990) levert een eenjarige moederplant circa 10, een tweejarige circa 25 en een driejarige circa 50 rhizoomstukken. Voor de teelt van moederplanten is weinig oppervlak nodig; bij een dichtheid van 5 à 6 planten/m<sup>2</sup> kunnen gemakkelijk 100 à 200 rhizomen verkregen worden. Voor de teelt van één hectare miscanthus is een voorkweek van één



**Afb. 2.** Patroon van de vertakking van het rhizoomstelsel van een 6-jarige miscanthus plant (naar: Greef, 1992).

are moederplanten voldoende. In de wintermaanden kunnen de moederplanten worden geoogst, nadat de plant door vorst bovengronds is afgestorven. Bij de deling moeten rhizoomstukken verkregen worden van 8 à 10 cm lang, waarop zich 3 à 4 knoppen bevinden. Om uitdroging te voorkomen, moeten de rhizomen koel (0 - 1 °C) en vochtig worden bewaard.

De aanslag kan worden verbeterd door rhizomen te planten die zijn uitgelopen. Dit kan gebeuren door rhizomen, die in de winter zijn geoogst, in het vroege voorjaar onder vorstvrije omstandigheden te laten voor kiemen in plantpotjes of in een zandbed. Voor het inplanten kunnen dan de uitgelopen rhizoomstukken worden geselecteerd en gepoot. Daarmee wordt een hoge aanslag bereikt en hoeft niet of nauwelijks te worden ingeboet. In plaats van het handmatige en dus arbeidsintensieve oogsten en versnijden van moederplanten, alsmede het 'optrekken' van rhizoomstukken wordt onderzocht in hoeverre mechanisatie mogelijk is. Gedacht wordt aan het frezen van moederplanten te velde en het verzamelen van de rhizoomstukken met een rooimachine. Onderzoek daaromtrent wordt uitgevoerd door de LU Wageningen.

## Bemesting

Door de grote drogestofproductie van miscanthus, waarvan circa 25 % uit bladmassa bestaat, is de behoefte aan nutriënten groot. Over de minerale samenstelling zijn weinig gegevens voorhanden. De gehalten zijn sterk

afhankelijk van groei-omstandigheden. In tabel 38 zijn enkele gegevens, van verschillende herkomst, vermeld. Tussen de behoefte aan mineralen (gemeten als opname in de late herfst) en de afvoer ervan bij de oogst (met de stengels na de winter) zullen aanzienlijke verschillen bestaan. Daarom zijn in tabel 38 de mineraalgehalten in de herfst van stengel en blad en na de winter die van de gedroogde stengels vermeld. Ter vergelijking zijn de gegevens van tarwestro toegevoegd. De verschillen in herkomst van de cijfers maakt, dat de vaststelling van de behoefte en de afvoer slechts een globale benadering kan zijn. Bij een opbrengstniveau van 17,5 ton ds/ha aan stengel en 6 ton/ha aan blad betekent dit een behoefte voor de bovengrondse drogestofproductie van ongeveer 190 kg N/ha, 30 kg P/ha en ruim 300 kg K/ha. Tijdens de wintermaanden gaat het blad en het bovenste stengeldeel verloren en blijft op het veld achter. Met de oogst van zo'n 15 ton stengelig materiaal wordt circa 55 kg N/ha, 12 kg P/ha en 75 kg K/ha afgevoerd.

Doordat het overgrote deel van de opgenomen mineralen in gewasresten op het veld achterblijft, kan reeds een aanzienlijk deel van de mineraalbehoefte worden gedekt. In de eerste teeltjaren is dit nog niet het geval, maar dan is door de lagere opbrengsten de behoefte lager. Een jaarlijkse bemesting van 75 kg N/ha, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en 100 kg K<sub>2</sub>O/ha zal voldoende zijn. Op drie locaties (Valthermond, Lelystad en Wijnandsrade) worden thans proeven uitgevoerd met drie N-bemestingsniveaus.

**Tabel 38.** Chemische samenstelling (in % van de drogestof) van miscanthus in de herfst, bij de oogst en bij tarwestro.

Naar: eigen gegevens, Stiem (1990) en Thoma (1991).

	herfst		geoogste stengel	tarwe- stro
	blad	stengel		
N	1,4	0,6	0,35	0,45
P	0,2	0,1	0,08	0,10
K	1,0	1,5	0,50	1,20
Ca			0,12	0,31
Mg			0,10	0,10
Cl			0,17	0,33
S			0,14	0,14

Tijdens het groeiseizoen wordt zowel de gegeven als de gemineraliseerde stikstof snel door miscanthus opgenomen, zodat uitspoeling van nitraten van weinig betekenis is (Dressler, 1993). Ten opzichte van hout wordt miscanthus gekenmerkt door lagere gehalten aan zware metalen, zoals cadmium, arsenicum, lood, chroom en nikkel; het asgehalte is bij miscanthus hoger (Dehli & Müller, 1990).

## **Gewasbescherming**

Gewasbescherming speelt bij de teelt van miscanthus een geringe rol. Onder West-Europese groei-omstandigheden zijn ziekten en plagen niet of nauwelijks bekend. Alleen onkruiden kunnen in eerste twee teeltjaren problemen geven. Een mechanische bestrijding lijkt gezien de ruime plantafstand goed mogelijk. Echter ook een chemische bestrijding in dit grasachtige gewas zal, na toelating van herbiciden, goed mogelijk zijn.

## **Oogst en bewaring**

Voor de bewaring en de verwerking van het oogstprodukt zijn de oogstwijze en het vochtgehalte van belang. De oogst kan op uiteenlopende wijze worden uitgevoerd, zodat deze gemakkelijk op de verdere verwerking kan worden afgestemd. Er kunnen hele stengels worden geoogst in schoven (voor geotextiel) of in grote, ronde balen. Verder kan het produkt worden verhakseld in meer of minder grote stukken. Voor de oogst kunnen bestaande machines worden ingezet. Het oogsten moet 'schoon' gebeuren: aanhangend zand ( $\text{SiO}_2$ ) is schadelijk tijdens de verdere verwerking van het oogstprodukt (slijtage aan machines).

Voor een goede bewaring is een vochtgehalte van 15 % nodig. Dit kan worden bereikt door afvriezen van het gewas en door in- en vriesdrogen van de stengels te velde. Afhankelijk van weers- en bodemomstandigheden zal de oogst aan het eind van de winter (over bevroren grond) of in het vroege voorjaar plaatshebben. Met de oogst mag niet te lang worden gewacht, omdat schade aan het in

april uitlopende gewas moet worden voorkomen.

Om het oogstprodukt gedurende langere tijd te kunnen aanbieden, zal bewaring moeten plaatshebben. Indien het vochtgehalte bij de oogst te hoog is, zal moeten worden nagedroogd. Daartoe staat een aantal technieken beschreven (Thoma, 1991), maar de praktische betekenis ervan vraagt nog nader onderzoek. Naast drogen wordt ook bewaring door inkuilen niet uitgesloten geacht. Aan de oogstwijze en de bewaring wordt door de LU Wageningen en IMAG-DLO aandacht besteed.

## **Teeltbeëindiging**

Het beëindigen van een miscanthus-gewas lijkt zonder problemen te kunnen worden uitgevoerd. Mechanisch is het gewas moeilijk uit te roeien, maar chemisch lijkt dit, mits toegelaten, goed uitvoerbaar. Het optimale tijdstip is nog een vraagteken. In een jong ontwikkelend gewas zijn goede mogelijkheden voorhanden. Uitvoering moet vrij laat (in de voorzomer) plaatsvinden, waardoor (een deel van) dat teeltjaar verloren is. Wellicht is het mogelijk om het gewas in de herfst voor het intreden van nachtvorst te behandelen. Het gewas kan dan na de winter worden geoogst en hergroei van spruiten heeft niet meer plaats. De ondergrondse wortel- en rhizoommassa laat zich door frezen gemakkelijk verkleinen en levert waarschijnlijk geen problemen op voor het volggewas.

## **Rol in het bouwplan**

Miscanthus is een meerjarig gewas en kan als zodanig niet als gewas in een vruchtwisseling worden opgenomen. In bedrijfsverband zal miscanthus als non-food gewas worden geteeld op percelen die langjarig gebraakt zullen worden; op de andere percelen zal eenzelfde, nauwe vruchtopvolgning plaatshebben.

Miscanthus is weinig gevoelig voor onkruiden, ziekten en plagen. Onkruiden krijgen, afgezien van de eerste twee jaren, in een goed

standdelen produceren, zoals bomen, miscanthus, hennep en granen (stro). Het hoge gehalte aan N-vrije bestanddelen geeft het oogstproduct een hoge energetische waarde en de meerjarigheid zorgt voor een gegarandeerd produktaanbod en maakt miscanthus zeer geschikt als biobrandstof, zowel op kleine schaal (ketels), als op grote schaal (elektrische centrales).

De bovengenoemde gewassen leveren vooral vezels, welke als bulkproduct ook geschikt zijn voor de productie van bouwmaterialen, zoals isolatie- en vezelplaten. Ook voor (delen van) de papierindustrie kan het oogstproduct worden ingezet, maar de matige kwaliteit en aanpassing van het verwerkingsproces wekt in deze tak van industrie voornamelijk weinig interesse op.

De lage prijs van hout en fossiele brandstoffen maakt dat vervangende producten alleen interessant zijn voor industriële afzet als deze goedkoop kunnen worden aangeboden. Ondanks de meerjarige, hoge productie van houtige bestanddelen is een rendabele teelt van miscanthus thans nog niet mogelijk; met name de hoge kosten voor plantgoed zijn een handicap. Maar ook, als door eigen opkweek van plantgoed aanzienlijk op deze kosten wordt bespaard (zie knelpunten), dan nog is het te behalen saldo marginaal. Alleen met financiële ondersteuning (bijvoorbeeld braakleggingsvergoeding) kunnen de perspectieven van miscanthus als een nieuw gewas voor de praktijk dichterbij worden gebracht.

De meerjarigheid van de teelt van miscanthus betekent, dat dit gewas niet in vruchtwisselingsverband kan worden geteeld en als zodanig geen verlichting kan geven voor intensieve bouwplannen. De gunstige werking op de bodemstructuur, bodemvruchtbaarheid en bodemgezondheid kan pas na beëindiging van de teelt worden benut.

Op dit moment is echter de afzet van het oogstproduct nog (te) onzeker: in de eerste jaren mag een snelle verbreiding van de teelt van miscanthus niet worden verwacht. Op langere termijn mag, mede gezien de maatschappelijke ontwikkelingen, een sterke uitbreiding van de teelt van houtige gewassen als een reële optie worden beschouwd. De

keuze tussen miscanthus of bomen zal deels door financieel ondersteunende maatregelen bepaald worden.

### Literatuur

Boelcke, B. Einfluss der Pflanzzeit und Pflanzgutform auf die Etablierung von Miscanthus-Beständen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 37/6, (1993), p. 205-208.

Dehli, A & G.Müller. Versuch zum Anbau schnellwachsender Schilfpflanzen im Hinblick auf eine mögliche energetische Verwertung. In: Miscanthus sinensis, Dokumentation des KTBL-Fachgespräches, (1990), p. 58-69.

Dressler, U-B. Produktivität, Wasserhaushalt und Nitratauswaschung von Miscanthus sinensis 'giganteus'. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 37/6, 201-204 (1993).

El Bassam, N., M.Dambroth & I.Jacks. Die Nutzung von Miscanthus sinensis (Chinaschilf) als Energie- und Industrieerzeugnis. Landbauforschung Völknerode 42/3, (1992), p. 199-205.

Greef, J.M. Wachstumsdynamik von Miscanthus. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 36/5, (1992), p. 271-274.

Greef, J.M. & M.Deuter (1993). Syntaxonomie of Miscanthus x giganteus GREEF et DEU. Angew. Bot. 67, (1993), p. 87-90.

Haase E & H.Adeli. Die Mikrovermehrung von Miscanthus sinensis. In: Miscanthus sinensis, Dokumentation des KTBL-Fachgespräches, (1990), p. 26-33.

Heemst, H.D.J. van, H.v.Keulen & H.Stolwijk. Potentiële productie, bruto- en nettoproductie van de Nederlandse landbouw. Versl. Landbk. Onderz. 879,(1978), p. 1-25.

Hotz, A., W.Kolb & W.Kuhn. Anbaufragen und Produktionstechnische Kenndaten von Miscanthus sinensis. In: Miscanthus sinensis, Dokumentation des KTBL-Fachgespräches, (1990), p. 34-45.

Knoblauch, F. Miscanthus sinensis 'Giganteus' als nachwachsender Energie- und Industrieerzeugnis in Dänemark. In: Miscanthus sinensis, Dokumen-

tation des KTBL-Fachgespräches, (1990), p. 79-83.

KWIN (1993-1994). PAGV/IKC-agv-publikatie nr. 69.

Lysen, E.H., C Daey Ouwens, M.J.G. van Onna, K.Blok, P.A.Okken & J.Goudriaan. De haalbaarheid van de produktie van biomassa voor de Nederlandse Energiehuishouding, NOVEM publ. 9208 (1992).

Rijssenbeek, W.L.M.M. *Miscanthus sinensis* als vezelgewas. Spil 92/4, (1992), p. 19-22.

Schwarz, K-U & E.Schnug. Ertragsentwicklung bei mehrjährigen Beständen von *Miscanthus x giganteus*. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 36/5, (1993), p. 125-128.

Schwarz, K-U., J.M.Greef & E.Schnug. Ertragsentwicklung, Energie- und CO<sub>2</sub>-Fixierung bei ein- bis dreijährigen Bestände van *Miscanthus x giganteus*. Landbauforschung Völkenrode 43/2, (1993), p. 64-72.

Soesbergen, G.A. van & H.A.J. van Lanen. De geschiktheid van de bodem barn Nederland voor de teelt van *Cannabis sativa* (hennep) en *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' (1992).

Stiem, A.R. Erfahrungen mit *Miscanthus sinensis* in Dänemark. In: *Miscanthus sinensis*, Dokumentation des KTBL-Fachgespräches, (1990), p. 114-116.

Thoma, H. Pflanzenbauliche, erntetechnische, verbrennungstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte der energetische Nutzung von Einjahrespflanzen durch direkte Verbrennung. Landwirtschaftliches Jahrbuch 68/8, (1991), p. 915-988.

Werf, H.M.G. van der, W.J.M.Meijer, E.W.J.M.Matthijssen & A.Darwinkel. Potential dry matter production of *miscanthus sinensis* in the Netherlands. Industrial Crops and Products 1, (1993), p. 203-210.

---

# Perspectieven in de energiemarkt

---

*ir. M.J.G. van Onna, LEI-DLO*

## Inleiding

De laatste jaren is er bij de energieproducenten toenemende interesse in de mogelijkheden die de landbouw biedt om energie-grondstof te produceren. De reden van deze aandacht voor de zogenaamde 'renewable energy sources' - de duurzame energiebronnen - is niet in de eerste plaats gelegen in de dreigende energieschaarste, maar in de negatieve milieu-effecten die gepaard gaan met het gebruik van fossiele energie. Die milieu-effecten hebben vooral betrekking op de emissie van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>. Deze stoffen leiden tot het broeikas effect en tot verzuring. De Nederlandse overheid heeft in het NMP-plus en het recente NMP-II een aantal beleidsdoelstellingen betreffende de uitstoot van broeikas- en verzurende gasen geformuleerd. De overheid streeft naar een reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie tot het niveau van 173-177 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar, in het jaar 2000. De SO<sub>2</sub>-emissiedoelstelling voor het jaar 2000 is: 75-90 kiloton per jaar en de NO<sub>x</sub>-emissiedoelstelling: 238-243 kiloton per jaar.

De energiesector is nadrukkelijk bezig te bezien hoe de bijdrage aan vermindering aan het broeikas effect en de verzuring kan worden gerealiseerd. Eén van de maatregelen die daarbij in overweging wordt genomen, is de verdringing van fossiele energiebronnen door vormen van duurzame energiebronnen, waaronder biomassa.

Van de kant van de landbouw wordt met interesse gekeken naar alternatieve afzetkanalen voor landbouwprodukten, waaronder energie. De akkerbouwsector heeft te kampen met een overschot aan verschillende produkten waardoor de inkomens van de akkerbouwers dalen. Om het inkomen op peil te

houden, wordt gezocht naar mogelijkheden om bestaande produkten een hogere toegevoegde waarde te geven. Ook wordt gezocht naar mogelijkheden om nieuwe markten aan te boren. De energiemarkt is één van die markten.

'De' energiesector kan grofweg worden opgedeeld in de markt voor transportbrandstoffen en de markt voor electriciteit/warmte. Beide markten hebben verschillende marktmechanismen en een verschillende marktstructuur. Dit artikel concentreert zich op de mogelijkheden om electriciteit en/of warmte te produceren uit biomassa. De belangrijkste overweging daarbij is het standpunt van de overheid en de inhoud van het SER-advies over de wenselijkheid van beleidsmatige stimulering van het gebruik van agrarische grondstoffen voor transportbrandstoffen: biodiesel uit koolzaad en bio-ethanol uit suikerbieten of graan. Hoewel de overheid positief staat tegenover de ontwikkeling van duurzame energiebronnen, stelt zij zich terughoudend op waar het gaat om de financiële ondersteuning van agrarische transportbrandstoffen. Die financiële ondersteuning is echter een voorwaarde voor de introductie van bio-transportbrandstoffen. Zonder die bijdrage is het verschil in prijs met fossiele brandstoffen (te) hoog (SER, 1993:70, NOVEM, 1992).

De laagst mogelijke kostprijs voor ethanol is die van ethanol op basis van wintertarwe, waarbij de teler een hectaretoeslag ontvangt en de bijprodukten een goede opbrengstprijs krijgen. In dat geval is de prijs fl. 0,99 per liter benzine-equivalent. Ter vergelijking: de prijs van gelode superbenzine wordt op fl. 0,50 per liter geraamd in het jaar 2000 en op fl. 0,60 per liter wanneer er een CO<sub>2</sub>-heffing wordt ingesteld (Lysen, 1992).

Ook voor biodiesel zijn de kosten hoger dan 'fossiele' diesel: bij dezelfde hectaretoeslag en dezelfde gunstige opbrengstprijs voor de bijprodukten is de kostprijs fl. 0,76 per liter



diesel-equivalent. De prijs van diesel wordt op fl. 0,40 per liter geraamd in het jaar 2000 en op fl. 0,50 per liter wanneer er een CO<sub>2</sub>-heffing wordt ingesteld (Lysen, 1992).

Er bestaat dus voor zowel bio-ethanol als biodiesel een prijsverschil dat ook bij de invoering van een CO<sub>2</sub>-heffing nog aanwezig is. Dit prijsverschil zou minder zwaar wegen wanneer er uitzicht zou zijn op een veel kleiner prijsverschil in de toekomst; dit uitzicht is er echter niet. Dit argument is van belang: zo ziet Shell de prijs nog altijd als doorslaggevende factor en richt zich daarom zoveel mogelijk op de verbetering van bestaande fossiele brandstoffen.

Niet alleen het grote prijsverschil is aanleiding om terughoudend te zijn ten aanzien van een financiële ondersteuning. Ook het feit dat de milieu-effecten ten aanzien van de productie van biobrandstoffen niet onverdeeld positief zijn, ten aanzien van sommige aspecten zelfs negatief, speelt hier een rol.

De Nederlandse overheid stelt zich dus ook terughoudend op waar het gaat om het voorstel van de Europese Unie om biotransportbrandstoffen van accijns vrij te stellen. De Nederlandse overheid wil alleen ruimte overlaten voor proefprojecten. Wat betreft de afzetperspectieven voor de akkerbouw is het Nederlandse standpunt dat de akkerbouw eerder moet zoeken naar gewassen en toepassingen die zonder overheidssteun in de markt een plaats vinden.

In dit artikel wordt eerst de energiemarkt beschreven: de eisen die de markt stelt aan de leverancier van de energie-grondstof. Daarbij komen verschillende opties van productie van bio-electriciteit/warmte aan de orde. Per optie worden de prijstechnische eisen aan de grondstof berekend. Vervolgens wordt bezien in hoeverre, welke landbouwgrondstoffen aan deze eisen kunnen voldoen. Zowel bestaande als nieuwe grondstoffen worden daarbij beoordeeld: stro, miscanthus en populierhout. De confrontatie van de eisen uit de markt met de mogelijkheden van de landbouw resulteert in een overzicht van nu en in de toekomst economisch aantrekkelijke energieketens.

## **Markt: eisen aan het eindproduct bio-energie**

De productie van grondstoffen voor energieproductie is alleen haalbaar wanneer aan een aantal voorwaarden is voldaan. Allereerst is er de prijs van bio-energie in relatie tot de huidige en toekomstig te verwachten prijs van energie. Een tweede belangrijke voorwaarde is de continuïteit van levering, in zowel kwalitatieve zin als in kwantitatieve zin. Wat betreft de eerste voorwaarde: daarbij spelen twee elementen een rol. Allereerst de kostprijs en ten tweede de in een meerprijs te vertalen milieuvoordelen. Beide worden achtereenvolgens besproken.

### **Kostprijs**

De economische haalbaarheid wordt bepaald door het verschil in kostprijs op het niveau van eindproduct. Vergelijking van de kostprijs op het niveau van de grondstof alleen, is niet voldoende. Immers de kosten van de omzetting van de grondstof tot energie kunnen bij biomassa anders zijn dan bij fossiele energiebronnen.

De kostprijs van het eindproduct electriciteit/warmte is opgebouwd uit: kosten van de grondstof af-boerderij, kosten van opslag en transport en kosten van conversie. Deze kostprijs wordt gerelateerd aan de huidige en toekomstig te verwachten produktiekosten van electriciteit/warmte. Deze ligt tussen 5 en 10 cent per kWh, afhankelijk van de conversietechniek en (de prijzen van) de brandstofmix. Zo spreekt het Electriciteitsplan 1991-2000 van de energieproducenten, van een productieprijs van 9,7 cent per kWh, uitgaande van een middenscenario voor brandstofkosten. De energiedistributiebedrijven gaan uit van een (lagere) prijs van 7,6 cent per kWh, gebaseerd op weer andere uitgangspunten (EnergieNed, 1993).

### **Meerprijs uit milieu-voordelen**

De economische haalbaarheid wordt niet alleen bepaald door de kostprijs. Bio-electriciteit/warmte heeft als voordeel dat er minder

CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten. In toenemende mate wordt er een prijskaartje aan dit milieu-voordeel geplakt. Er zijn verschillende manieren om hiermee om te gaan. Een drietal invalshoeken wordt hier uiteengezet.

1. Energieproducenten zijn bereid maatregelen ter vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot te nemen ook al kost dat extra geld. Daarbij wordt een maximum aan de kosten per eenheid vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot vastgesteld. Dit plafond is voor de Samenwerking Energie Producenten (SEP): fl. 5,= per ton vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot terwijl de energiedistributiebedrijven, die ook energie produceren, fl. 100,= per ton vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot als maximum hanteren.
2. Mede in het kader van de doelstelling om de uitstoot van CO<sub>2</sub> te verminderen worden taakstellingen geformuleerd ten aanzien van de productie van duurzame energie, ofschoon ook dit gepaard gaat met (extra) kosten. Het MilieuActiePlan(MAP)-II van de energiedistributiebedrijven doet het voorstel om speciale (teruglever)tarieven voor duurzame energie vast te stellen, zodat de extra produktiekosten worden vergoed aan de producent. (EnergieNed, 1993) Het energiebedrijf voor Groningen en Drenthe brengt dit al in de praktijk: voor windenergie wordt ruim 10 cent per kWh betaald.
3. Daarnaast is er de CO<sub>2</sub>-heffing, die door 'de politiek' moet worden vastgesteld. Op nationaal en internationaal niveau is de discussie over een CO<sub>2</sub>-heffing gaande, echter een besluit is er nog niet. Zo is er het voorstel van de Europese Unie voor een gecombineerde energie/CO<sub>2</sub>-heffing van 10 USD per vat, dat wil zeggen 2,9 cent per kWh. De Nederlandse overheid heeft een actieve houding in deze discussie en pleit voor de invoering daarvan. Wanneer deze heffing inderdaad zou worden ingevoerd, ligt de referentieprij voor bio-energie op het niveau van 12,5 cent per kWh.

Ondanks een kostprijsverschil zijn er dus kansen in de energiemarkt wanneer er milieuvoordelen zijn die economisch gewaardeerd worden.

Gegeven het voorbeeld van het energiebedrijf voor Groningen en Drenthe is, onder de huidige marktomstandigheden, een prijs van 9 tot 10 cent per kWh reëel voor een duurzaam energieproduct, zoals bio-electriciteit/warmte. De prijs van 9 cent per kWh is daarom als referentie gekozen bij de bepaling van perspectiefvolle energieketens. Bovendien is het scenario 'met CO<sub>2</sub>-heffing' doorgerekend waarbij de prijs van 12,5 cent per kWh als referentie is aangehouden. Daarnaast zijn de resultaten van onderzoek door de Biomass Technology Group (BTG) gebruikt in dit artikel. Daarbij is volgens de eerste benadering gewerkt: BTG berekent of en in hoeverre de kosten van de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot beneden het plafond van respectievelijk fl. 5,= tot fl. 100,= per ton vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot blijven. Deze benadering is gehanteerd voor de tweede, derde en vierde optie.

Naast de concurrentiepositie van de landbouwgrondstof ten opzichte van andere energiegrondstoffen moet de energieproducent rekening houden met de opbrengstprijis voor de landbouwgrondstof in alternatieve toepassingen.

## Markt: eisen aan de grondstof biomassa

Vanuit de eisen aan het eindproduct, zie vorige paragraaf, en op basis van beschikbare conversietechnieken kunnen (prijs)technische eisen aan de grondstof worden geformuleerd. Dit is het onderwerp van deze paragraaf. Vervolgens wordt in de volgende paragraaf gezien in hoeverre landbouwproducten aan de gestelde eisen kunnen voldoen.

Er bestaan verschillende conversietechnieken: verbranding, vergassing en pyrolyse.

*Verbranding* is een goed bekende, aloude techniek, waarbij de grondstof met behulp van zuurstof in kooldioxide en waterdamp wordt omgezet.

*Vergassing* lijkt op verbranding maar er vindt

geen omzetting tot kooldioxide en waterdamp plaats; bij vergassing ontstaat een gasmengsel van koolmonoxide en waterstof. Dit zogenaamde stookgas kan worden verbrand in een (bestaande) olie- of aardgasgestookte ketel danwel in een gasturbine.

*Pyrolyse* is een proces waarbij vaste stoffen worden verhit zonder dat ze in contact zijn geweest met zuurstof.

Gegeven deze technieken worden er vier opties kort besproken. Voor elk van de opties worden de stand van de techniek en de indicaties over de economische haalbaarheid weergegeven. Juist die opties worden besproken die in Nederland in discussie en onderzoek zijn. In het buitenland kunnen ook andere toepassingen in onderzoek en/of uitvoering zijn. Specifieke omstandigheden daar kunnen deze toepassingen aantrekkelijk maken, zonder dat ze ook voor Nederland aan de orde zijn. Een voorbeeld is de Deense 'district heating', waar op basis van biomassa water wordt verwarmd en gedistribueerd. Deze optie is in Nederland niet aan de orde vanwege de hoge kosten van zo'n distributienet. Zo zijn er meerdere voorbeelden te noemen die in het buitenland wél perspectiefvol zijn en in Nederland geen plaats kunnen vinden.

In de volgende paragrafen worden de afzonderlijke opties besproken. Het gaat om de toepassingen zoals in tabel 40 aangegeven.

### **Optie één: combined-cyclus-technologie**

#### *Stand van de techniek*

Vergassing is in wezen een klassieke, bekende technologie, maar de toepassing van deze techniek voor electriciteitsopwekking is

nieuw. Daartoe is en wordt opnieuw onderzoek en ontwikkeling uitgevoerd, resulterend in een nieuwe generatie vergassers. Daarbij lijken de meest kansrijke vergassers die met een capaciteit van enkele tot tientallen MWe. Het stookgas dat bij verbranding ontstaat kan worden verbrand in een olie- of aardgasgestookte ketel of het gas kan worden verbrand in een gasturbine. Het verbranden in een gasturbine kan eventueel worden gecombineerd met warmte-terugwinning uit de afvalgassen waarmee in een tweede stoomturbine ook electriciteit kan worden opgewekt: de combined-cyclus technologie. Deze combined-cyclus technologie gaat nóg een stapje verder in de vergassingstechnologie en vraagt meer aan onderzoek en ontwikkeling. Die inspanning is gaande: er zijn projecten in de fase van pilot-plant en demonstratie. Er gebeurt dus veel, maar er is nog geen sprake van een 'bewezen', uit-ontwikkelde techniek.

#### *Economische haalbaarheid*

Uit de studie van Lysen et al. (1992) kunnen de marges worden afgeleid waarbinnen biomassa een aantrekkelijke grondstof zou kunnen zijn. Daarbij is uitgegaan van een verwerkingseenheid van vijftig MWe. De kosten van conversie zijn 4,8 cent per kWh; de transportkosten lopen uiteen van 0,5 tot 1,5 cent per kWh. In tabel 41 is de maximaal uit te betalen prijs voor de grondstof berekend voor de situatie met en de situatie zonder CO<sub>2</sub>-heffing.

De berekeningen laten zien dat in de situatie zonder CO<sub>2</sub>-heffing de uit te betalen prijs voor de biomassa maximaal fl. 70,- per ton drogestof is; in de situatie mét CO<sub>2</sub>-heffing

**Tabel 40.** Overzicht van de opties.

optie	capaciteit
1. combined-cyclus	enkele tot tientallen MegaWatt elektrisch (MWe)
2. co-verbranding	tot tien procent van de capaciteit van grote energiecentrales
3. combined heat-power	5 MegaWatt elektrisch (MWe); 13 MegaWatt thermisch (MWth)
4. warmte-opwekking	200 kiloWatt (kW)

NB: De grootte van de capaciteit komt overeen met de benodigde input aan biomassa-grondstof (ton) per uur.

**Tabel 41.** Maximaal uit te betalen prijs voor de grondstof voor de situatie met CO<sub>2</sub>-heffing en de situatie zonder CO<sub>2</sub>-heffing, in gulden per ton drogestof (en in gulden per ton als zodanig).

grondstof	opbrengstprij zonder CO <sub>2</sub> -heffing 9 cent per kWh		opbrengstprij met CO <sub>2</sub> -heffing 12,5 cent per kWh	
stro (85% d.s.)	60	(50)	106	(90)
populier (50% d.s.)	68	(34)	140	(70)
miscanthus (84% d.s.)	70	(58)	136	(115)

kan voor stro ruim fl. 100,= per ton droge stof worden betaald en voor populier en miscanthus om en nabij fl. 140,= per ton drogestof.

Deze resultaten zijn in lijn met die van Shell. Zo berekent Shell een kostprijs van 12,0 cent per kWh voor een installatie van 37 MWe die met biomassa van fl. 105,= per ton wordt gevoed (Beenackers, 1991).

Zowel Shell als de energiedistributiebedrijven verwachten een aanmerkelijke daling van de kosten van conversie in de commerciële fase: een daling in de orde van grootte van 45 procent wordt mogelijk geacht. Het is niet geheel duidelijk welke veronderstellingen en uitgangspunten aan de berekeningen ten grondslag liggen, maar het is opmerkelijk dat beide eenzelfde effect op de kostprijs verwachten voor de vervolgfase.

### Optie twee: co-verbranding

#### *Stand van de techniek*

Bij deze optie wordt biomassa in slechts geringe hoeveelheden (tot tien procent van het totaal geïnstalleerde vermogen) meegeestookt in bestaande (grootschalige) energiecentrales. Er wordt dus gebruik gemaakt van dezelfde energie-conversie-installaties.

Ook hier zijn weer verschillende opties waarvan de één meer technische aanpassingen vraagt dan de ander. Waarschijnlijk zijn de technieken voor deze optie direct toepasbaar (Stassen, 1993). In Nederland heeft de Gelderlandcentrale, EPON, al een commerciële installatie op praktijkschaal. Nu wordt daar de combinatie steenkool/houtafval onderzocht en het is de bedoeling dat ook de steenkool/stro-combinatie wordt bekeken.

#### *Economische haalbaarheid*

Het gebruik van biomassa is aantrekkelijk bij een prijs voor biomassa die lager ligt dan de range fl. 20,= tot fl. 35,= per ton, afhankelijk van de te kiezen techniek. De invloed van de investeringsgrootte en de rentevoet op de uit te betalen prijs voor de grondstof blijkt beperkt, evenals die van de prijs van de te verdringen steenkool (Siemons, 1993).

Bij de veronderstelde uitgangspunten zijn de kosten van de verminderde uitstoot van CO<sub>2</sub> lager dan het plafond dat de energiedistributiebedrijven hebben ingesteld (fl. 100,= per ton vermeden CO<sub>2</sub>), maar ver boven het bedrag dat SEP acceptabel acht (maximaal fl. 5,= per ton vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot). (Siemons, 1993).

### Optie drie: warmte-kracht opwekking

#### *Stand van de techniek*

Bij warmte-kracht-opwekking gaat het om relatief kleinschalige eenheden, met een vermogen van 5 MegaWatt elektrisch (MWe) en 13 MegaWatt thermisch (MWth).

Deze installaties bestaan al langere tijd en worden in Denemarken op ruime schaal toegepast; daar staan al zes zogenaamde Combined Heat and Powerplants (CHP), die tezamen 280.000 ton stro omzetten in energie.

#### *Economische haalbaarheid*

Onder Nederlandse omstandigheden is het economisch perspectief van deze optie erg beperkt. Slechts bij een prijs van minus (!) fl. 50,= per ton biomassa is er een positief bedrijfsresultaat; de producent van de grondstof moet dus geld meebrengen in plaats van ont-

vangen. Ook de verhoging van het aantal vol-last-uren en een wellicht te verwachten verlaging van de investeringskosten leiden niet tot een positief bedrijfsresultaat wanneer de grondstof moet worden betaald (Van den Heuvel, 1993).

Uiteraard is ook hier sprake van een vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in vergelijking met fossiele brandstoffen. Echter slechts wanneer deze vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot zeer rijkelijk wordt gewaardeerd, is het mogelijk grondstoffen in te zetten die moeten worden betaald (Van den Heuvel, 1993).

Overigens wordt in Denemarken deze techniek - zoals geschreven - wel ruim toegepast, omdat daar de fossiele brandstoffen fors belast worden. Dit in tegenstelling tot de bio-brandstoffen, hetgeen de laatste in een gunstige concurrentiepositie plaatsen.

#### **Optie vier: warmte-opwekking op boerderij-niveau**

##### *Stand van de techniek*

Warmte-opwekking op boerderij-niveau is een kleinschalig gebeuren waarbij ongeveer tweehonderd kiloWatt thermisch (kWth) wordt geproduceerd.

Ook hier is Denemarken het voorbeeld waar deze installaties al veel voorkomen: twaalfduizend stuks die 450.000 ton stro in warmte omzetten.

##### *Economische haalbaarheid*

Evenals de eerder besproken optie is ook hier het verschil in waardering van bio-energie ten opzichte van fossiele energie bepalend voor het feit dat in Denemarken deze optie zo'n brede toepassing vindt. Dit in tegenstelling tot Nederland, waar slechts onder een set van heel specifieke voorwaarden er financieel voordeel is. Het komt slechts incidenteel voor dat aan al die voorwaarden is voldaan. Hierbij is bovendien geen rekening gehouden met de benodigde extra investering om de emissie van stofdeeltjes beneden de norm te houden (Van den Heuvel en Leenders, 1993).

Ook hier moet de vermeden CO<sub>2</sub>-emissie wel heel hoog gewaardeerd worden, wil deze op-

tie economisch aantrekkelijk zijn (Van den Heuvel en Leenders, 1993).

#### **Conclusie**

De berekeningen laten zien dat de opties warmte-kraft opwekking zowel op dorpsniveau als op boerderijniveau weinig realistisch zijn. De kosten zijn te hoog. De opties 'co-verbranding' en 'combined-cyclus technologie' bieden meer perspectief, waarbij de combined-cyclus technologie vooralsnog een grotere prijsmarge overlaat voor de grondstof. Daarom wordt de maximaal uit te betalen prijs voor de grondstof van deze optie als referentie gekozen voor de volgende stap: de confrontatie van de prijstechnische eisen die de markt stelt met de kostprijs van de grondstof. Daarbij wordt voor zowel de situatie zonder als met CO<sub>2</sub>-heffing de economische haalbaarheid bepaald.

#### **Aanbod uit de akkerbouw**

Voor de drie meest besproken agrarische producten, stro, populierenhout en miscanthus, wordt gekeken of en in hoeverre deze grondstoffen voldoen aan de (prijstechnische) eisen die de optie combined-cyclus-technologie (optie één) stelt. Deze optie is in beschouwing genomen omdat ze de hoogste opbrengstprijz voor de grondstof toelaat. Deze prijzen vormen het referentiepunt in deze paragraaf: de kostprijs van de grondstof wordt aan deze prijs gerelateerd. Op basis daarvan wordt een selectie van de meest perspectiefvolle energieketen gemaakt. Daarbij wordt bezien hoe hoog de bijdrage aan het inkomen van de producent, de agrariër, is.

##### **Stro**

Stro is een bijproduct van de graanteelt. Dit bijproduct wordt verkocht, meestal via tussenhandelaren, vooral aan veehouders en aan bloembollentelers. De stromarkt is weinig stabiel. Regelmatig is er sprake van een overschot aan stro en ook perioden van tekorten komen voor. Zowel aanbod als vraag

wisselen. Wél is er de laatste jaren een tendens naar een teveel aan stro: vanaf 1987 tot 1990 is de hoeveelheid 'niet-afgevoerd' stro toegenomen (Van de Heuvel, 1991). Uiteraard is de markt, de vraag en het aanbod, per regio verschillend. Bovendien verschilt de afzetstructuur per regio. In het algemeen krijgen de stroproducenten in het noorden van het land een hogere prijs dan elders; de afzetstructuur daar is beter ontwikkeld en ook hebben de producenten daar meer stro in bewaring en wordt het stro pas in de loop van het jaar verkocht.

#### *Prijstechnische eisen van de energiemarkt*

Uit tabel 41 blijkt dat de energieproducent maximaal fl. 50,= per ton betaalt wanneer er geen CO<sub>2</sub>-heffing is en maximaal fl. 90,= per ton wanneer deze heffing er wél is.

#### *Prijs van de grondstof stro*

De marktprijs schommelt om en nabij de fl. 100,= per ton met uitschieters naar boven en naar beneden (LEI/CBS, 1993).

De marktprijs van fl. 100,= per ton geldt alleen voor het stro dat wordt verkocht. Echter zoals geconstateerd, niet alle stro kan tegen deze prijs worden verkocht. Voor het niet-verkochte stro is bijna geen markt en is omploegen vaak de enig overblijvende keuze. Wanneer dit stro aan energieproducenten wordt geleverd zijn er de kosten van het persen en laden: circa fl. 50,= per ton.

#### *Confrontatie van de prijs van stro met de prijstechnische eisen van de markt*

Wanneer de marktprijs van stro fl. 100,= per ton is, is alleen in het geval dat er een CO<sub>2</sub>-heffing wordt ingevoerd de energie-optie bijna concurrerend met de bestaande afzetkanalen.

Het 'overschot'stro kan ook zonder CO<sub>2</sub>-heffing al in de energiesector worden afgezet, al houdt de teler er weinig aan over: de opbrengstprij is nauwelijks hoger dan de kosten van persen en laden. In de situatie met CO<sub>2</sub>-heffing resteert een bedrag van fl. 150,= tot fl. 200,= per hectare.

Bovendien geldt voor deze categorie stro dat de continuïteit in aanvoer weinig gewaar-

borgd is; immers zo gauw de markt aantrekt bestaat deze overschotmarkt niet meer.

### **Miscanthus**

Miscanthus is een nieuw gewas, dat nog niet op commerciële schaal wordt geteeld. De data op basis waarvan de kostprijs wordt berekend, zijn nog slechts gebaseerd op proefvelden en kunnen op praktijkschaal anders zijn.

Voor miscanthus is de concurrentiepositie ten opzichte van alternatieve afzetkanalen nog niet goed bekend. Om hierover een uitspraak te kunnen doen, is marktonderzoek nodig, dat resulteert in een positionering van miscanthus ten opzichte van andere (vezel)-grondstoffen in de verschillende toepassingen.

#### *Prijstechnische eisen van de energiemarkt*

Wanneer een CO<sub>2</sub>-heffing wordt ingesteld kan maximaal fl. 115,= per ton droge stof worden uitbetaald aan de grondstof; zonder CO<sub>2</sub>-heffing is deze prijs fl. 58,= per ton droge stof (zie tabel 41).

#### *Prijs van de grondstof miscanthus*

Voor de producent moet de opbrengstprij minimaal de kosten van de teelt goedmaken, waarna een bedrag overblijft waarvoor hij miscanthus gaat telen. Dat wil zeggen: miscanthus moet een minstens even hoge bijdrage aan het inkomen leveren als een alternatief gewas. Er zijn dus twee elementen die de prijs waarvoor de teler het produkt aanbiedt, de noodzakelijke opbrengstprij, bepalen: [a] de kosten van de teelt van miscanthus en [b] de minimaal noodzakelijke bijdrage aan het inkomen. Deze bijdrage wordt vastgesteld op fl. 2.000 per hectare per jaar.

Wat betreft de kosten van de teelt van miscanthus: deze worden in sterke mate bepaald door de levensduur van de plant. Omdat daarover nog onvoldoende bekend is worden twee alternatieven doorgerekend: tien of vijftien jaar levensduur.

In deze paragraaf wordt eerst de kostprijs berekend voor de uitgangssituatie (I). Deze kan worden omschreven als de situatie waarin de

teler het pootgoed moet aankopen à fl. 10.000 per hectare en waarbij geen rekening wordt gehouden met een te ontvangen braakleggingsvergoeding (BLV). Dat laatste betekent dat alle vergoeding voor de teler uit de markt, van de energieproducent, moet komen. Daarnaast is een variant doorgerekend waarin een deel van de vergoeding voor de teler van overheidswege komt: via de braakleggingsvergoeding (II). Dit heeft tot gevolg dat de vergoeding uit de markt minder kan zijn om toch een acceptabele vergoeding voor de teler te verkrijgen.

Een tweede set van varianten (III) en (IV) betreft de situatie waarin de teler zelfgeteeld pootgoed gebruikt. Daardoor dalen de kosten van het pootgoed tot fl. 1.000 per hectare, ervan uitgaande dat de teler de arbeid niet meerekent in de kosten en de opkweek in eigen mechanisatie uitvoert (zie bijdrage Darwin). Ook hier is zowel de situatie zonder en met braakleggingsvergoeding doorgerekend.

In tabel 42 is het overzicht van de berekende prijzen gegeven voor de varianten. Er is gerekend met een rentevoet van zes procent voor de (lange termijn) investering in het pootgoed en een rentevoet van acht procent voor de (korte termijn) financiering in bemesting, gewasbescherming en dergelijke.

Verder is uitgegaan van een opbrengst van vijftien ton drogestof per hectare vanaf het vierde jaar; het eerste jaar is er nog geen opbrengst; het tweede jaar is er acht ton drogestof per hectare en het derde jaar is de op-

brengst dertien ton drogestof per hectare (zie bijdrage Darwin). De overige uitgangspunten, in guldens per hectare, zijn:

- poten	500
- bemesting	178
- gewasbescherming (jaar 1+2)	90
- oogst:	900
- bewaring jaar 2	200
- bewaring jaar 3 e.v.	300
- doodspuiten laatste jaar	140
- bouwvoorfreezen laatste jaar	500

Naar: Thoma, 1991 en bijdrage van Darwin.

### *Confrontatie van de prijs van miscanthus met de prijstechnische eisen van de markt*

Deze resultaten leiden tot de conclusie dat bij de huidige uitgangspunten ten aanzien van de teelt, miscanthus nog te duur is als grondstof voor energieproductie, zowel zonder CO<sub>2</sub>-heffing als met CO<sub>2</sub>-heffing. Zelfs als rekening wordt gehouden met de te verkrijgen braakleggingsvergoeding en het gebruik van (goedkoper) eigengeteeld pootgoed is de grondstof (nog) te duur, namelijk fl. 200,= tot fl. 240,= per ton drogestof.

### Hout

Op dit moment wordt hout slechts incidenteel door agrariërs geteeld. Het gaat dan meer om de teelt voor de pulp- en bouwmarkt. De teelt is daar ook op toegespitst. De teelt van hout ten behoeve van energie is daarentegen niet of nauwelijks ontwikkeld. Wellicht leidt

**Tabel 42.** Noodzakelijke opbrengstprijs van miscanthus, in guldens per ton drogestof.

		levensduur (jaar)	
		10	15
uitgangssituatie (I)		398	349
uitgangssituatie mét BLV (II)	- kleigrond (II)	313	268
	- zandgrond (II)	338	291
met eigen pootgoed zonder BLV (III)		297	277
met eigen pootgoed mét BLV (IV)	- kleigrond (IV)	212	197
	- zandgrond (IV)	237	220

NB. BLV is de afkorting voor braakleggingsvergoeding voor kleigronden: fl. 1.075,= per hectare per jaar.  
voor zandgronden: fl. 765,- per hectare per jaar.

een andere teelt- of oogstechniek, specifiek gericht op de energietoepassing, tot lagere produktiekosten.

De concurrentie vanuit de (bestaande) afzetkanalen is beperkt.

De huidige houtprijs is zo laag dat ondanks verschillende (start)subsidies de houtteelt weinig aantrekkelijk is.

#### *Prijstechnische eisen van de energiemarkt*

Tabel 41 laat zien dat bij een CO<sub>2</sub>-heffing de prijs voor het hout maximaal fl. 140 per ton drogestof kan bedragen; zonder CO<sub>2</sub>-heffing is deze prijs maximaal fl. 68,= per ton drogestof.

#### *Prijs van de grondstof hout*

Evenals voor de berekening van de kostprijs van miscanthus is de berekening van de kostprijs van hout gebaseerd op twee elementen: [a] de kosten van de teelt van hout en [b] de minimaal noodzakelijke bijdrage aan het inkomen: fl. 2.000 per hectare per jaar.

Ook hier is een uitgangssituatie (I) gedefinieerd: daarbij is gerekend met de (huidige) opbrengst van tien ton droge stof per hectare per jaar zonder vergoedingen van overheidswege. Een variant (II) berekent de noodzakelijke vergoeding wanneer subsidie wordt verkregen. Deze subsidie bestaat uit een aanplantsubsidie van fl. 2.950,= per hectare en een jaarlijkse vergoeding van fl. 1.200 per hectare. Vervolgens is de variant (III) doorerekend waarbij een te verwachten opbrengst van vijftien ton droge stof per hectare per jaar wordt behaald; deze opbrengst wordt in het jaar 2000 verwacht. (Lysen et al, 1992) Ook hier is de invloed van de overheidssubsidie gezien, in variant IV (tabel 43). Belangrijkste uitgangspunten, in guldens per hectare

- planten en afrastering	2.229
- oogst	2.038
- stobben rooien	6.600

Bron: Lysen et al., 1992

#### *Confrontatie van de prijs van hout met de prijstechnische eisen van de markt*

Deze berekeningen leiden tot de conclusie dat alleen wanneer een CO<sub>2</sub>-heffing van kracht wordt, populier als grondstof in beeld komt; anders zijn de produktiekosten te hoog. De agrariër houdt in het geval hij niet voor subsidie in aanmerking komt, fl. 1.000,= per hectare per jaar over aan de teelt en wanneer er wel subsidie is, resteert ruim fl. 2.000,= per hectare per jaar. Dit betekent dat houtteelt zonder subsidie niet goed een plaats kan vinden in het huidige bouwplan. Houtteelt met subsidie verdient overweging. Daarbij moet het risico van veranderingen in de opbrengstprijzen en subsidie voor zover mogelijk worden afgedekt en moet het nadeel van een verenging van het bouwplan worden meegewogen.

## Eindconclusie

1. Binnen de markt voor electriciteit/warmte is sprake van toenemende belangstelling voor duurzame energie, waaronder bio-energie. De energie-sector heeft overheidsdoelstellingen met betrekking tot klimaatverandering, verzuring en verspilling vertaald in taakstellingen waarbij bio-energie nadrukkelijk een plaats heeft.
2. Echter de huidige markt, met een marktprijs voor de electriciteit van 9 cent per kWh, laat weinig (financiële) ruimte voor de grondstof toe. De meest perspectiefvolle optie van combined-cyclus-technologie biedt maximaal fl. 70,= per ton drogestof aan de producent.

**Tabel 43.** Noodzakelijke opbrengstprijzen van hout, in guldens per ton drogestof.

uitgangssituatie (I)	367
met subsidie (II)	222
met 15 ton drogestof per ha. per jaar zonder subsidie (III)	244
met 15 ton drogestof per ha. per jaar met subsidie (IV)	148



3. Op korte termijn is de aandacht dan ook gericht op grondstoffen met een lage tot zelfs negatieve waarde. Stro kan daartoe behoren wanneer er sprake is van een overschotsituatie. In dat geval kan de energiemarkt wellicht een kleine bijdrage aan het inkomen bieden. Veel meer dan een kleine bijdrage is het niet, wanneer stro de enige brandstof is. Wanneer er meerdere stromen van biomassa beschikbaar zijn, waarvan er enkele een lage of negatieve waarde hebben, is er voor stro nog een redelijke prijs uit te onderhandelen. Immers de brandstofmix als totaal mag niet meer dan fl. 70,- per ton drogestof kosten, hetgeen gedifferentieerd kan worden naar de afzonderlijke stromen. Het is dus aanbevelenswaardig niet alleen binnen de landbouwsector zelf te kijken maar ook naar andere groen(afval)producenten.
4. Op termijn is er meer perspectief. De ontwikkeling naar de commerciële fase zal leiden tot een reductie van de kosten van conversie en een of andere vorm van CO<sub>2</sub>-heffing zal wellicht worden ingevoerd. De uit te betalen prijs voor de landbouwgrondstof kan stijgen tot ruim fl. 100,- per ton drogestof stro en circa fl. 140,- per ton drogestof voor populier en miscanthus, omdat de opbrengstprijs hoger wordt. In dat geval is er, onder voorwaarden, meer perspectief voor energieteelten.
5. Onder de huidige uitgangspunten ten aanzien van de teelt van het nieuwe gewas miscanthus, blijkt miscanthus te duur als grondstof. Wellicht leidt verder onderzoek aan de teeltkant tot een goedkoper product.
6. De teelt van populier komt eerder in beeld dan die van miscanthus. Daarbij moet worden opgemerkt dat de saldi niet overweldigend zijn. In de situatie zonder aanvullende subsidie zal het saldo rond fl. 1.000 per hectare liggen, hetgeen aanmerkelijk minder is dan de bestaande gewassen leveren. Wanneer er wél subsidie is, kan het saldo tot een concurrerend bedrag van fl. 2.000 per hectare stijgen.

## Literatuur

Beenackers, A.A.C.M. 'Electriciteitsopwekking via vergassing van biomassa is binnen bereik' Spil 95-96+97/98, (1993), p. 41-46.

Darwinkel, A., W.C.A. van Geel & K.M.G. van der Werf. 'Miscanthus, een meerjarig energie- en vezelgewas'. Themadag nieuwe gewassen 4 maart 1994, PAGV.

EnergieNed. MAP: Uitgangspunten voor het tweede Milieu Actie Plan van de Energiedistributiesector. Arnhem (1993).

Heuvel, E.J.M.T. van den et al. Thermische verwerkingsopties voor stro en bermgras BTG, Enschede (1991).

Heuvel, E.J.M.T. van den. 'Opwekking van warmte en kracht met behulp van stro en bermgras'. Workshop Energie uit stro en bermgras; toepassingen in Nederland, NOVEM, 23 november 1993.

Heuvel, E.J.M.T. van den en M.E.T. Leenders. 'Warmte-opwekking bij boerderijen met behulp van stro en bermgras' Workshop Energie uit stro en bermgras; toepassingen in Nederland, NOVEM, 23 november 1993.

Lysen, E.H., C. Daey Ouwens. De haalbaarheid van de produktie van biomassa voor de Nederlandse Energiehuishouding. NOVEM, Apeldoorn, publikatienr. 9208 (1992).

Nationaal Milieubeleidsplan-plus. Tweede kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21 137, nr. 20-21.

Siemons, R.V. 'Electriciteitsproductie door coverbranding van stro en bermgras met conventionele brandstoffen'. Workshop Energie uit stro en bermgras; toepassingen in Nederland, NOVEM, 23 november 1993.

Sociaal-Economische Raad. Agrarische transportbrandstoffen, Sociaal-Economische Raad, Den Haag, 1993, publicatie nr. 6.

Thoma, H. 'Pflanzenbauliche, erntetechnische, verbrennungstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte der energetischen Nutzung von Einjahrespflanzen durch direkte Verbrennung'. Landwirtschaftliches Jahrbuch (68) 8, (1991) p. 915-989.

# Visie vanuit het marktkundig onderzoek op agrificatie

drs. A.C. Koster en ir. H.H.W.J. Sengers, LEI-DLO

## Inleiding

In deze bijdrage zal naast een algemeen kader voor de beoordeling van de perspectieven voor agrificatie-produkten, een overzicht gegeven worden van de marktmogelijkheden voor plantaardige technische oliën en voor hennep als grondstof voor papierpulp. Voor de twee laatstgenoemde produktgroepen zal een beschrijving van de huidige marktomstandigheden gegeven worden, om aan te geven hoe belangrijk het is voor agrificatie-projecten (in spe) om in te haken op huidige en toekomstige marktontwikkelingen.

## Algemeen kader: uitgangspunten

Om een brede beoordeling van het nut - of mogelijke nut - van agrificatie-activiteiten mogelijk te maken, is het zinvol de volgende elementen in de beoordeling mee te nemen.

*Bijdrage aan technologische ontwikkelingen, verbetering van industriële infrastructuur en ontwikkeling van markten.* De inzet van nieuwe grondstoffen, al dan niet met een nieuw productieproces, kan een bijdrage leveren aan de instandhouding en/of uitbreiding van marktposities. Voor bedrijven is het op de huidige open markten van levensbelang mee te gaan met nieuwe ontwikkelingen. Internationalisatie heeft daarnaast tot gevolg, dat bedrijven geconfronteerd kunnen worden met concurrentie van ondernemingen uit lage-lonen landen, die tegen aanmerkelijk lagere kosten kunnen produceren. Het wordt dus steeds belangrijker om continue processen en produkten te verbeteren. Technologi-

sche vernieuwing is daarbij een essentieel onderdeel. Het is niet voor niets dat veel bedrijven - zoals Philips - aan het reorganiseren zijn en zich bezinnen op hun strategie voor de toekomst. Het agrificatie-onderzoek heeft bovendien te maken met het feit dat Nederland vooral een diensten-land is. Dit betekent dat de industriële basis voor proces-technologisch onderzoek beperkt is dan in een aantal ons omringende landen. Daarnaast zijn vooral grote multinationals als Unilever en Shell gespecialiseerd in het optimaliseren van hun toelevering van grondstoffen. Vaak vindt de productie van de basisprodukten buiten Europa plaats. Meer dan tot nu toe het geval is, zullen kleine- en middelgrote industriële ondernemingen benaderd moeten worden om te participeren in het agrificatie-onderzoek.

*Bijdrage aan de vermindering van de belasting van het milieu.* Op tal van beleidsterreinen heeft de overheid uitgesproken een vermindering van de milieubelasting te willen realiseren. In het NMP+ is reeds gesteld dat de Overheid het goede voorbeeld moet geven om in het produktbeleid (wat consumeren we) kritischer naar de milieuvriendelijkheid van produkten te kijken. Milieuvriendelijkheid van natuurlijke produkten heeft een centrale positie verkregen binnen het agrificatie-terrein.

Via levens-cyclus methoden kan de milieubelasting van een produkt bepaald worden en worden vergeleken met gelijkwaardige produkten.

Naar de markt toe betekent dit bij agrificatie dat de identificatie tussen het natuurlijke produkt als grondstof en het consumenten-eindprodukt duidelijk aanwezig moet zijn, voordat van een markt-milieu-'drang' (drive) gesproken kan worden. Een consument zal alleen dan bereid zijn meer te betalen voor een milieuvriendelijk produkt indien hij of zij bewust is van de verschillen in samenstelling en mi-

lieubelasting met de gangbare consumenten-produkten (zoals verven), en voor deze 'bewustheid' extra wil betalen. Tot nu toe is gebleken dat consumenten in het algemeen maar bitter weinig over hebben voor milieuvriendelijke produkten. Zo zijn jute-draagtassen, die per tas circa twee kwartjes duurder zijn dan de gangbare plastic draagtassen, nooit in de handel verschenen omdat onderzoek uitwees dat de klanten van de winkelketen die ze wilde gaan gebruiken, geen geld over hadden voor een natuurvriendelijke draagtas. Tal van andere milieuvriendelijke produkten, duurder dan de gangbare artikelen, blijven steken in kleine productiehoeveelheden. Biologisch-Dynamische winkels bedienen slechts zo'n 5% van de markt, ondanks de vele rapporten en artikelen dat de produkten uit deze hoek aantoonbaar beter zijn voor mens en milieu. Slechts weinigen zijn bereid de extra prijs die BD-produkten moeten kosten ook werkelijk te betalen.

*Bijdrage aan het ontwikkelingsproces binnen de akkerbouw: produktiegericht ondernemen moet vervangen worden door een meer marktconforme wijze van ondernemen.* Dit houdt onder meer in dat de produktie van niet-marktordenings gewassen gestimuleerd wordt. Dit kan zowel vollegrondsgroenteteelt zijn als agrificatiegewassen. De mogelijkheid is aanwezig om voor een aantal gewassen (zoals wintertrawe voor bio-ethanol) met behoud van de braakleg-premie de grond te gebruiken voor een industriële teelt. De teelt van agrificatie-gewassen vraagt daarnaast een extra inspanning van de betrokken telers. Zoals bij de teelt van vezelvlas 'vlaskernen' worden opgericht door telers, om gezamenlijk contracten af te sluiten met loonwerker en afnemer (de vlasser), zal ook voor andere industriële teelten extra inspanning gevraagd worden. Industriële produktie vraagt nu eenmaal om continue levering van homogene kwaliteit, het hele jaar door. De uiteindelijke afnemer is er niet in geïnteresseerd hoe dit door zijn leveranciers geregeld wordt, zolang hij er maar op kan vertrouwen. De risico's zullen zo veel mogelijk naar de telers toe afgewenteld worden.

## Lopende projecten

Van de drie grote agrificatieprojecten die eind 1993 c.q. 1994 aflopen - hennep, karwij en oliën en vetten - kan gesteld worden dat ze sterk gefocust waren op aanbod-bepalende factoren. Het gewas c.q. de gewassen stonden meer of minder centraal. Veredelings- en teeltkundig onderzoek kreeg naast verwerkingstechnologisch (basis-)onderzoek, een belangrijke rol in programma's toegedeeld. De bijdrage aan het ontwikkelingsproces binnen de landbouw, één van de genoemde dragende elementen, is het belangrijkste element geweest bij de opzet van de programma's. Aanvankelijk werd nog gedacht aan het vierde gewas als grootschalige teelt, maar al snel werd duidelijk dat het meer om meerdere kleine gewassen zou gaan. De vermindering van de milieubelasting is onder invloed van de groeiende aandacht voor het milieu, wat naar voren geschoven. De cruciale koppeling met marktontwikkelingen en industriële R&D inspanningen heeft onvoldoende aandacht gehad. Het marktonderzoek en industriële applicatie-onderzoek in de laatste jaren heeft een nauwkeuriger inzicht gegeven in de marktmogelijkheden. Deze kennis is van belang voor de eventuele voortgang van deze programma's.

## Nieuwe projecten

Nieuwe projecten op het gebied van agrificatie, al dan niet gebaseerd op de huidige 'grote' onderzoeksprogramma's hennep, oliën en vetten en karwij, moeten beoordeeld worden op hun lange-termijn-slagingskans. Hiervoor is een set van beoordelingscriteria nodig, die per project gebruikt kunnen worden om vooraf duidelijkheid te scheppen omtrent de reële verwachtingen in zowel de markt als in de landbouwsector. De beoordelingscriteria die voor het opzetten van nieuwe agrificatie-projecten toegepast kunnen worden, zijn:

1. acceptatie door marktpartijen
2. concurrentiepositie Nederlandse bedrijfsleven

3. bijdrage aan technologische ontwikkeling
4. bijdrage oplossing Nederlandse akkerbouwprobleem
5. bijdrage aan vermindering van milieubelasting
6. bijdrage aan instandhouding en beheer van natuur- en landschapswaarden.

*1. Acceptatie door marktpartijen.* Scenario-gewijs kan gekomen worden tot het inzicht in de vraag of een haalbare produktiekolom gerealiseerd kan worden. Dit betekent dat er iteratief gewerkt wordt met een sterk accent op de relatie technologische ontwikkelingen - marktontwikkelingen. De vier kern-elementen van de marketing mix - produkt, prijs, prestatie en promotie - dienen uiteraard optimaal ingevuld te worden. Een produkt kan alleen dan succesvol een markt penetreren als de markt ook aan de technologie van het produkt toe is. Voor een succesvolle marktintroductie moet een zeker evenwicht tussen technologie en markt gevonden worden. Een introductie moet niet te vroeg, maar ook niet te laat geschieden. Er is dus een duidelijk strategisch element verbonden aan dit criterium. De te verwachten toekomstige ontwikkelingen zijn alleen kwalitatief te benaderen maar wel essentieel voor toekomstige agrificatie-producten. Continue monitoring van dit proces is belangrijk.

*2. Concurrentiepositie Nederlandse bedrijfsleven.* Bijdrage aan de versterking van clusters waarbinnen het Nederlandse bedrijfsleven sterk is. Agrificatieprojecten die aansluiten bij bestaande produktiestructuren hebben een grotere kans van slagen en zullen een grotere bijdrage kunnen leveren aan de concurrentiekracht van deze clusters, en ondersteunend kunnen zijn aan een industriebeleid dat gericht is op een vergroting van de concurrentiekracht van deze sectoren. Momenteel voert een consultancy bedrijf een onderzoek uit naar de interesse van het Nederlandse bedrijfsleven in agrificatie-onderwerpen. Uit eerder LEI-DLO marktonderzoek is gebleken dat er bij het bedrijfsleven wel sprake is van interesse in agrificatie, maar dat er tegelijkertijd weinig kennis van agrificatie-perspectie-

ven aanwezig is.

*3. Bijdrage aan technologische ontwikkeling.* De mate waarin informatie over ontwikkelde nieuwe technologieën verkregen wordt, vormt een belangrijk onderdeel bij de positionering van nieuwe agrificatie-technologieën in bestaande kennisinfrastructuur - systemen. In landen als Japan en de Verenigde Staten wordt veel onderzoek gedaan naar nieuwe producten en processen op basis van natuurlijke grondstoffen. Het is zaak om zo veel mogelijk kennis te nemen van deze ontwikkelingen, en waar mogelijk, hierbij aan te sluiten. Biotechnologie kan een terrein van technologie-onderzoek zijn dat de specifieke eigenschappen van natuurlijke materialen zo veel mogelijk tot zijn waarde laat komen, ook (- of vooral) in geavanceerde producten.

*4. Bijdrage oplossing Nederlandse akkerbouwprobleem.* Voor de Nederlandse situatie is het inkomens-aspect belangrijker dan het volume-aspect. Via hoogwaardige agrificatie-producten kan het inkomen van de Nederlandse akkerbouwers ondersteund worden. Via voorwaartse integratie (dit is het overnemen van je afnemers) kan een deel van de verdere toegevoegde waarde binnen de primaire sector blijven. Een agrorefinery/biorefinery zoals nu in samenwerking met de Vereniging Dollard-Tarwe wordt ontwikkeld, past goed in dit plaatje.

*5. Bijdrage aan vermindering van milieubelasting.* Afbreekbaarheid, selectiviteit, hernieuwbaarheid, gesloten CO<sub>2</sub>-balans, zijn alle elementen van de milieu-beoordeling van agrificatie-producten. Middels milieumaat-analyses (op sleutel-factoren) wordt de gehele produktieketen beoordeeld naar de milieubelasting (emissies en energiegebruik). De producten worden als het ware langs de milieu-maatlat gelegd. De uitkomsten kunnen dan vergeleken worden met die van andere, soortgelijke producten. Voor agrificatie-producten kan een goede milieu-score een extra stimulans zijn voor bedrijven om hierin te investeren. Door het Centrum voor Milieukunde in Leiden is, in samenwerking met het

Centrum Landbouw en Milieu en het LEI-DLO, onderzoek gestart naar de toepasbaarheid van de milieumaat voor landbouwkundige produkten.

6. *Bijdrage aan instandhouding en beheer van natuur- en landschapswaarden.* De positie van de akkerbouw als gebruiker van de grond zal bij een verscherping van het Europese landbouwbeleid aan wijzigingen onderhevig zijn. De bijdrage van de akkerbouwer als instandhouder van natuur- en landschapswaarden zal gewaardeerd moeten worden.

### *Conclusie*

Bij deze beoordeling wordt niet alleen gekeken naar economische factoren, maar ook naar elementen van een breder algemeen maatschappelijk belang. Immers, wil agrificatie in de toekomst een maatschappelijk zinvolle activiteit zijn, dan zal het nut groter moeten zijn dan alleen voor de agrarische sector. Industriële interesse, c.q. deelname, is een van de meest belangrijke randvoorwaarden. Voor verdere ontwikkeling van kansrijke toepassingen, dient het landbouwkundig onderzoek gesteund te worden door industriële know-how, ook op het gebied van de marketing. Het onderzoek dat tot heden in Nederland en andere landen gedaan is, is sterk gericht op het ontwikkelen van technisch/economische basis-kennis. Het is zaak nu verder door te gaan in de richting van het leggen van netwerken tussen landbouwkundige onderzoeksinstituten, universiteiten en het bedrijfsleven. Uiteindelijk kan dan gekomen worden tot volwaardig industrieel applicatie-onderzoek en het opzetten van (semi-) commerciële activiteiten.

## **Hennep als grondstof voor papierpulp**

### **Markt voor pulp- en papier: productie-structuren**

De belangrijkste pulpproducenten in Europa zijn in de Scandinavische landen te vinden.

Daarnaast wordt er in vrijwel alle andere EG-lidstaten pulp geproduceerd, zij het met sterk verschillende volumina. In Nederland wordt door slechts twee bedrijven pulp geproduceerd. Ruim 75-90% van de totale pulpproductie in West-Europa vindt plaats in het kader van de geïntegreerde pulp-papier productie (papierbedrijven produceren hun eigen grondstoffen). De laatste jaren is er sprake van een sterk onder druk staande pulp- en papiermarkt. Vanuit de markt komen signalen die er op wijzen dat de pulpindustrie in W-Europa zich verder zal reorganiseren. In Nederland zijn vrij recent de twee grootste papierbedrijven gefuseerd.

Er is reeds sprake van aanzienlijke onderbezetting bij de productie. Landen als Finland en Canada (belangrijke aanbieders op de Europese markt) hebben door de samenstelling van hun industrieel apparaat weinig alternatieven voor continuering van de productie. Daarnaast is de productie van pulp in tegenstelling tot papierproductie sneller gebonden aan een bepaald verzorgingsgebied, gegeven alle logistieke beperkingen van de pulpproductie. In Frankrijk en een aantal andere (Oost-Europese) landen wordt nog hennep-pulp geproduceerd, zoals voor sigarettenpapier.

### **Markt voor pulp- en papier: gebruik oudpapier**

Een groeiend aantal papier producenten heeft papiermachines voor de verwerking van oudpapier.

Grootschalige investeringen in nieuwe papiermachines, zoals in 1992 door SCA in Engeland (450.000 ton gerecycled krantenpapier per jaar), zijn gekoppeld aan het verbruik van oudpapier als grondstof. Naast milieutechnische redenen is dit vooral vanuit het aspect van de kostenbeheersing.

Recycle-vezels (oudpapier) nemen een nog steeds groeiend deel van de totale markt in. Volgens gegevens van de Vereniging Nederlandse Papierindustrie VNP is de situatie op de Nederlandse grondstoffenmarkt voor papier- en karton als volgt:

- \* 1/3 deel van de grondstoffen is afkomstig van Nederlandse papierproductie (deels gebaseerd op oudpapier);
- \* 1/3 deel komt als oorspronkelijk (virgin) materiaal uit Scandinavië en;
- \* 1/3 deel is oudpapier, afkomstig uit de VS en Duitsland.

De VNP heeft studie laten verrichten in het kader van een milieu-actieplan naar de kwaliteit en omvang van de Nederlandse oudpapiermarkt, met een accent op mogelijkheden om de kwaliteit van de stroom oudpapier te verhogen door gericht binnen papierproducenten en kantoren afval in te zamelen. Het 'milieukeur' zoals dat door de Stichting Milieukeur aan producten kan worden toegekend, schrijft voor dat alleen schrijfpapier op basis van 100% oudpapier het milieukeur mag dragen. Dit zeer tegen de zin van de industrie, die beweert dat productie-technisch dergelijke eisen onrealistisch zijn. De Nederlandse papiermarkt is sterk gericht op het hoogwaardige, houtvrije segment. Alle mogelijke vormen van 'kantoor'-papier en reclamepapieren vallen in deze categorie. Ook voor die segmenten van de papiermarkt waar oudpapier nog niet wordt ingezet, zoals schrijven en drukpapier, zal een kentering optreden. Het aandeel oudpapier voor deze toepassingen zal binnen een klein aantal jaren liggen op 15-25%. Deze ontwikkeling zorgt voor extra druk op de oudpapier markt om te komen tot een systeem waarbij aan de bron papier gescheiden wordt opgevangen en gerecycled. Gradueel zal de gemiddelde kwaliteit van het beschikbare materiaal voor de 'tradi-

tionele' oudpapier-gebruikers (krantenpapier, karton etc.) afnemen. Daarnaast gaan ook de Scandinavische producenten ertoe over de inzet van oudpapier te vergroten, waardoor deze instroom ook zal bijdragen aan de afname van de gemiddelde sterkte van de oudpapier-kwaliteit. Het gebruik van oudpapier in Nederland is zo'n 65% van het totale verbruik aan grondstoffen. Vooral in de kartonsector wordt veel oudpapier hergebruikt. Alleen in Denemarken wordt een nog hoger percentage oudpapier gebruikt door de industrie. De oriëntatie van de industrie is dus wat grondstof verbruik betreft sterk op oudpapier gericht, en niet zo zeer op andere, alternatieve, vezelgrondstoffen. Onderzoek in Zweden bevestigt het patroon van een industrie die als ze omschakelt naar nieuwe grondstoffen, dit alleen doet voor zo ver het oudpapier betreft.

#### **Prijzen: de prijs van hennep vergeleken met marktprijzen**

Gegevens uit zowel de literatuur als de gesprekken met de industrie geven aan dat op de langere termijn de reële prijzen vrij constant zijn en sterk gekoppeld zijn aan het tempo van de economische groei. De prijsontwikkeling in de periode 1991 tot heden geeft een sterker negatief karakter aan van de ontwikkeling van de pulpprijzen. Ten gevolge van het onvermogen tot aanpassing aan (structurele) overcapaciteit hebben de prijzen in 1991 een sterke daling ondergaan, welke medio 1993 gestabiliseerd zijn op een prijsniveau voor de referentiekwaliteit Northern Bleached Softwood Kraft (NBSK) van \$

**Tabel 44.** Prijzen diverse pulpsoorten, medio 1993, af Rotterdam.

Pulpsoort	Prijs in US dollars/ton
NBSK ( cellulose)	450
Espen Chemi-Thermo-Mechanische pulp	360
<i>Hennep CTMP (LEI-DLO berekening)</i>	460 - 575*
Thermo-Mechanische Pulp	340-350
Specialty celluloses	1200-2400
<i>Hennep cellulose (LEI-DLO berekening)</i>	1156
Oudpapier	-/- 10 - 200

\*) afhankelijk van wel of geen verrekening met teelt- en investeringssubsidies

450/ton. De genoemde recessie in zowel de pulp- als papier- en kartonsector heeft de prijzen sterk onder druk gezet. De algemene verwachting is dat nog eerst een verdere 'reshuffle' in de pulpcapaciteit (middels des-investeringen) zal moeten plaatsvinden voordat de markt zich kan stabiliseren. De huidige crisis wordt algemeen als een barrière gezien voor de marktintroductie van een nieuwe grondstof. Ondanks verwoede pogingen van de pulpbranche om de prijzen van de marktpulpen omhoog te krijgen, is de huidige crisis nog niet gekeerd. Een aantal gesprekspartners van het hennep-marktonderzoek suggereerden dat niet voor medio 1994 een stijging van de marktpulp prijzen verwacht kan worden.

Chemi-Thermo-Mechanische pulp (CTMP) heeft een in de regel 10-15% lagere prijsstelling ten opzichte van NBSK. Espen CTMP heeft momenteel een prijsniveau van \$ 360/ton. CTMP uit hennep is dus aanzienlijk duurder dan gangbare CTMP. Thermo-Mechanische pulp (TMP) doet nu \$ 340-350 ton. Het prijsniveau van TMP is zodanig dat Canadese producenten momenteel niet meer leveren. Specialty-cellulose zoals abaca-cellulose doen een zeer hoge prijs; prijzen boven de \$ 3000/ton zijn geen uitzondering. Het prijsverschil tussen mechanische- en chemische pulp wordt mede veroorzaakt door de overcapaciteit in de productie van chemische pulp. De verwachting is dat de vraag naar mechanische pulp verder zal afnemen, ten gevolge van de lage prijs van chemische pulp en de toename van het verbruik van oudpapier. Vooral door de producenten van chemische cellulose is in de laatste jaren sterk geïnvesteerd in milieu-voorzieningen. Chloorvrij gebleekt papier is nu haast een standaard produkt. De prijsvorming van recyclepulp is sterk gedifferentieerd naar kwaliteit en naar geografische markt. Prijzen lopen sterk uiteen; van negatief tot prijzen die gelijk zijn met of zelf hoger zijn dan NBSK-virgin pulp. Dit laatste is mogelijk doordat wettelijke verplichtingen fabrikanten kunnen dwingen ontkente recycle pulp te gebruiken zonder dat er van die hoge kwaliteit voldoende kwalitatief geschikt oudpapier is.

## Beoordeling toepassingen hennep

Als Nederlandse hennep in het buitenland economisch haalbaar te verkopen is als bulkvezelgrondstof, zal het niet lang duren voor er Hongaarse, Roemeense, Sloweense, Kroatische, Servische, Albaanse en Kazachstaanse vezelhennep op de markt komt. Evenals in de tuinbouw, moet worden gekozen voor toepassingen met hoge toegevoegde waarde. Er resteren twee mogelijkheden (in volgorde van prioriteit):

- \* Specialty cellulose (non-wood cellulose). De totale wereldmarkt voor deze hoogwaardige celluloses is ongeveer zo'n 180.000 ton/jaar. Zo'n 20% van deze markt zou bediend kunnen worden met specialty-hennep.
- \* Mechanische bastvezelpulp in luiers en verbanden (fluff-pulp). De getoonde interesse van een van de belangrijkste producenten van luiers in hennep-bastpulp is hoopgevend. De groeiende 'milieu-druk' op wegwerpluiers dwingt producenten om hun produkt zo natuurvriendelijk mogelijk te maken. Hennepbastpulp is -technisch- een optie om hun produkten in dit opzicht te modificeren. Het is vooralsnog onduidelijk hoe de kosten-verhoudingen zijn.

## Conclusie

Hennep is in een groot onderzoekprogramma onderworpen aan onderzoek naar teelt, oogst, bewaring, bewerking en markt. De uitkomst van dit alles is dat bepaalde keuzes zijn gemaakt, zoals naar het best geschikte type ontsluitingsproces. De keuze voor een mechanisch proces ligt in zoverre voor de hand, dat dit een veel geringere investering vraagt dan een conventioneel chemisch proces. De keuze voor een mechanisch proces brengt met zich mee dat de 'specialties' markt niet bediend kan worden wegens onvoldoende kwaliteit van de te produceren pulp. Een kleinschalig chemisch proces behoort zeker niet tot de onmogelijkheden. Met dit proces kan een zeer hoogwaardige markt bediend worden. De huidige marktomstandigheden in de pulp- en papiersector brengt

met zich mee dat de investeringsdrang bij de Europese industrie zeer gering is. De duidelijkheid omtrent de vraag waar de vezel optimaal kan worden ingezet is nog verre van volledig.

## Plantaardige technische oliën als grondstoffen voor de industrie

De structuur van de markt kan globaal worden besproken aan de hand van het verwerkingsproces van het zaad tot aan de eindprodukten van de specifieke zaadinhoudstoffen. De aard van elke verwerkingsstap is afhankelijk van de specifieke eigenschappen van de te verwerken stof en het volume.

Bij de verwerking van grote volumina streeft men naar continu-processen terwijl kleine volumina een batchgewijze verwerking kennen. De meest kenmerkende eigenschap van de intermediaire industrie, de oleochemische industrie, is de flexibiliteit. De oleochemische industrie is zodanig ingericht dat zij op basis van een beperkte set aan natuurlijke oliën, vetten en/of vetzuren vele verschillende intermediaire- en eindprodukten kan maken. Flexibiliteit is mogelijk omdat de oleochemische industrie beschikt over een groot aantal goed op elkaar afgestemde chemische processen. In tabel 45 staan de belangrijkste 'NOP-gewassen' met zaadoliën en vetzuren weergegeven.

De flexibiliteit van de oleochemische industrie heeft twee kanten ten aanzien van het

NOP (Nationale Olie Programma). De positieve kant is, dat het de mogelijkheden biedt om van de in de tabel genoemde vetzuren nieuwe vetzuurderivaten te maken met nieuwe toepassings-mogelijkheden, of dat het bestaande produkten via een meer economische route kan bedienen. De negatieve kant is, dat flexibiliteit tevens een bedreiging vormt vanwege substitutie door bestaande processen en produkten. Bestaande vetzuren zouden langs oleochemische weg kunnen worden omgezet tot een bovengenoemd vetzuur of een vetzuur met overeenkomende eigenschappen.

De intermediaire industrie kan worden onderverdeeld naar vetsplitscapaciteit. De verwerkingscapaciteit verschilt enorm tussen bedrijven als Unichema, Henkel, Proctor and Gamble, Croda, AKZO en Petrofina, waarvan Unichema Int. met 400.000 ton de grootste is in Europa. Deze bedrijven maken basisprodukten gebaseerd op vetzuren en vetzuurderivaten voor eigen en extern gebruik. In tabel 46 worden de belangrijkste marktsegmenten kort besproken en wordt tevens aangegeven in hoeverre de nieuwe vetzuren een unieke plaats op de grondstoffen markt hebben.

De verschillende vetzuren kennen een groot scala aan mogelijke toepassingen. Door samenwerking met bedrijven uit de verschillende branches kan verder onderzocht worden welke toepassingen het meest haalbaar zijn. Slechts weinig vetzuren uit de nieuwe oliehoudende gewassen zijn werkelijk uniek. Dit houdt in dat concurrentie met bestaande produkten aangaan moet worden.

**Tabel 45.** De zaadoliën en de hoogst gehaltige vetzuren.

zaadolie van het gewas:	vetzuur
<i>Dimorphoteca pluvialis</i> (bekergoudsbloem)	dimorphocolzuur
<i>Lesquerella grandiflora</i>	lesquerolzuur
<i>Euphorbia lagascae</i> (stompe wolfsmelk)	vermolzuur
<i>Crambe abyssinica</i> (crambe)	erucazuur
<i>Limnanthes alba</i> (akkermoerasbloem)	eicoseenzuur
<i>Calendula officinalis</i> (goudsbloem)	calendulazuur



**Tabel 46.** De nieuwe vetzuren en de bestaande markt (1993).

vetzuur	toepassing	gesubstitueerde vetzuur/olie	huidige prijs (gld/ton)
Dimorphocolzuur	geur- en smaakstoffen verven en coatings	UNIEK eleostearinezuur calendulazuur	5000 <sup>1)</sup> —
Lesquerolzuur	geur- en smaakstoffen verven en coatings smeermiddelen	UNIEK ricinolzuur ricinolzuur	3200 <sup>2)</sup>
Vernolzuur	kunststoffen (PVC) coatings	geëpoxideerde sojaolie	3000 <sup>3)</sup>
Erucazuur	surfactant detergent kunststofadditief fotografisch materiaal cosmetica pharmaceutica inktadditief smeermiddeladditief	UNIEKE erucazuur- en beheenzuurderi- vaten	4000 <sup>4)</sup>
Calendulazuur	verven en coatings	eleostearinezuur	—

1) marktprijs van houtolie (Bron: Chemical Marketing Reporter)

2) marktprijs van ricinolzuur. In coatings als ricineenzuur toegepast, toegepast met een marktprijs van fl. 4400,- per ton (Bron: AKZO Coatings)

3) marktprijs van geëpoxideerde sojaolie (Bron: AKZO Chemicals)

4) marktprijs van erucazuur en beheenzuur (Bron: Unichema Int.)

— : geen prijs bekend

#### *Toelichting*

##### **\* Dimorphocolzuur**

Het vetzuur kent potentiële toepassingen in de geur- en smaakstoffenmarkt. Een realistische produktieomvang zal naar verwachting maximaal enkele duizenden kilogrammen bedragen. De marktkansen ten aanzien van de drogende eigenschappen zijn onduidelijk, omdat applicatieonderzoek in deze markt nog in een beginfase zit. De marktprijs zal in de laatste toepassing niet ver uiteenlopen van de bestaande drogende olie met vergelijkbare eigenschappen.

##### **\* Lesquerolzuur**

Het vetzuur kent, zoals dimorphocolzuur, eenzelfde relatie met de biotechnologie en de geur- en smaakstoffenmarkt. Verder zal vanwege de overlappende technische eigenschappen met ricinolzuur het vetzuur een snel leertraject doorlopen.

De competitie hiermee kan ten aanzien van een marktsubstitutie beslissend zijn bij een scherpe grondstofprijs: maximaal die van ricinolzuur.

##### **\* Vernolzuur**

Het enige epoxy-vetzuur in het Programma sluit aan bij het belangrijkste applicatieveld van de geëpoxideerde oliën nl.: PVC(chloorhoudende kunststof)-stabilisator. Hoewel het nog onduidelijk is hoe het vetzuur past in het bestaande verwerkings(epoxidatie)proces, kan het zuiverder epoxide na formulering overeenkomende eindprodukten opleveren als de bestaande synthetische produkten, maar tegen lagere produktiekosten. De nieuwe epoxygrondstof zal een lage acceptatiedrempel kennen wanneer in vergelijking met de commodities het economisch voordeel bij de industrie zal komen te liggen. De huidige wereldmarkt voor geëpoxideerde oliën ligt in de honderdduizenden tonnen. Maatschappelijke bezwaren tegen het gebruik van halogeenhoudende kunststoffen (PVC) vanwege de dioxine-emissie zullen geleidelijk wegebben vanwege de resultaten van nieuw technisch onderzoek. Het heeft de veronderstelde relatie tussen PVC en de vorming van dioxine tijdens het verbrandingsproces in huisvuilcineratoren niet kunnen aantonen.

#### \* **Erucazuur**

Het vetzuur kent sinds een aantal jaren een toenemende belangstelling. Dat wordt afgeleid uit de vele patenten van erucazuur, beheenzuur en derivaten. Een produktieketen is voorhanden. Het industrieel applicatieonderzoek is in volle gang.

#### \* **Limnanthes alba vetzuren**

Het unieke vetzuurmengsel kent nog geen concrete toepassingen. In een aantal opzichten passen de fysische eigenschappen van het eicoseenzuur tussen oliezuur en erucazuur, het hydrogeneringsprodukt eicosaanzuur tussen stearinezuur en beheenzuur. Het mengsel heeft specifieke eigenschappen, maar het is niet bekend of deze aantrekkelijk genoeg zijn voor de cosmetische industrie. Applicatieonderzoek zal dit, en de toepassingsmogelijkheden op andere velden, aantonen. *Limnanthes alba* olie wordt momenteel op de commerciële markt aangeboden.

#### \* **Calendulazuur**

Calendulazuur is momenteel niet op de vetzuurmarkt verkrijgbaar. De drogende eigenschappen van deze vetzuren zullen worden getoetst. De verven- en coatingsmarkt maakt momenteel nog geen gebruik van dit vetzuur, dat in deze toepassing gelijkwaardig zou zijn met een aantal reeds bestaande drogende oliën. De toepassingen in cosmetica zijn minder geschikt vanwege de verwachte instabiliteit van het systeem.

### **Conclusie**

Voor een goede beoordeling van de marktperspectieven van speciale vetzuren, is het nodig om de intrinsieke produkteigenschappen van de nieuwe materialen te kennen. Dit houdt concreet in dat voorafgaand aan groot-schalig gewas- en verwerkingsonderzoek, uitgangsmateriaal voor marktonderzoek in samenwerking met de industrie, beschikbaar moet zijn. Slechts daar waar of betere eigenschappen in de nieuwe oliën aanwezig zijn of daar waar aanzienlijke kostenvoordelen voor de gebruiker te halen zijn, liggen marktperspectieven. De tabel met marktgegevens toont aan dat het aantal als uniek te betitelen vetzuren, gering is.

### **Eindconclusie: marktperspectieven**

Agrificatie staat in Nederland enigszins onder druk. De resultaten van de diverse onderzoeksprojecten zijn nog niet van dien aard

dat voor akkerbouwers grootschalige teelten gecreëerd kunnen worden. Het wordt allengs meer en meer duidelijk dat agrificatie een zaak van lange adem is. De hele wijze van opereren in grote delen van de industrie is afgestemd op het aanbod van deze grondstoffen. De inspanning die nodig is om binnen dit vaste patroon met nieuwe grondstoffen en/of nieuwe verwerkingsprocessen met agrarische grondstoffen te penetreren, is dermate groot dat 'successen' op zich zullen laten wachten. Het groeiend milieubewustzijn, zowel bij overheid, industrie als bedrijfsleven is een sleutelfactor bij de verdere ontwikkeling van agrificatie. De noodzaak om te komen tot alternatieven voor tal van processen en producten die vanuit milieu-optiek minder gewenst zijn, is een dwang in de rug van de hernieuwbare grondstoffen. Waar echter terdege rekening mee moet worden gehouden is de vertaling van een bewustzijn naar gedrag op de markt. Het bewustzijn laat zich niet zomaar vertalen naar een aangepast marktgedrag. Bedrijven zijn nu nog niet bereid meer te betalen voor producten die milieutechnisch 'beter' zijn, maar die geen extra waarde toevoegen aan het produkt. Daarnaast is ook de consument nog niet bereid meer te betalen voor milieuvriendelijkere producten. Een bijkomend probleem is dat de meetmethode voor de bepaling van de milieuwaarde van een produkt (van wieg tot graf gemeten) nog niet volledig operationeel is. Voor akkerbouwers is het duidelijk dat nieuwe teelten, hetzij vollegroondsgroente-, hetzij agrificatieteelten, een directere band met de afzetmarkt inhouden. Er is heel duidelijk een grote behoefte aan alternatieven, mits de informatie over de (on)mogelijkheden en de toekomstverwachtingen beschikbaar is.

De eindconclusie is dan ook dat het zeer zeker zinvol is om met agrificatie door te gaan. Met een realistische visie op de mogelijkheden en de wetenschap dat door de gevoerde landbouwpolitiek een duidelijke stimulans aanwezig is, kan agrificatie een positieve bijdrage leveren aan de diversificatie binnen de landbouwsector. Agrificatie moet wel duidelijker geplaatst worden in het perspectief van

nieuwe milieubesparende produktiesystemen. Agrificatieprogramma's moeten dusdanig ingericht worden dat de interactie met het bedrijfsleven, in een zo vroeg mogelijk stadium, mogelijk wordt.

#### *Referenties*

Koster, R.A.C. en H.H.W.J.M. Sengers. Eerste rapportage marktonderzoek/ het nationale oliën-programma, LEI-DLO Interne Nota 403.

Koster, R.A.C. en G.J. van Roekel. De markt voor hennep, LEI-DLO Interne Nota 414.

## Nog verkrijgbare PAGV-uitgaven <sup>1)</sup>

### Verslagen

16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984 .....	f	10,-
18. Rendabiliteit van continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984 .....	f	10,-
19. Biologie en ecologie van kleeftuinaard (Galium aparine). Ir. W.G.M. van den Brand, april 1984 .....	f	10,-
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984 .....	f	10,-
21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984 .....	f	10,-
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984 .....	f	10,-
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeelei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984 .....	f	10,-
24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984 .....	f	10,-
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A.J. Hellings, oktober 1984 .....	f	10,-
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984 .....	f	10,-
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J.A. Schoneveld, november 1984 .....	f	10,-
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985 .....	f	10,-
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 .....	f	10,-
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974 - 1984. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 .....	f	10,-
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 .....	f	10,-
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985 .....	f	10,-
35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum). Ir. W.G.M. van den Brand, maart 1985 .....	f	10,-
36. Epipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985 .....	f	10,-
37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir. C.L.M. de Visser, ir. H.F.M. Aarts, april 1985 .....	f	10,-
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985 .....	f	10,-
39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 .....	f	20,-
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 .....	f	10,-
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985 .....	f	10,-
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen, Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 .....	f	10,-
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 .....	f	20,-
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 .....	f	10,-
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 .....	f	10,-
47. Biologie en ecologie van melganzervoet (Chenopodium album). Ir. W.G.M. van den Brand, december 1985 .....	f	10,-

<sup>1)</sup> Een volledig overzicht van de PAGV-uitgaven wordt op uw aanvraag graag toegezonden.

48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H.P. Versluis, december 1985 .....	f	10,-
49. Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J.G.H. Stassen, december 1985 .....	f	10,-
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986 .....	f	10,-
51. Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N.J. Snoek, juli 1986 .....	f	10,-
52. Biologie en ecologie van hanepoot ( <i>Echinochloa crus-galli</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, juli 1986 .....	f	10,-
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W.G.M. van den Brand, oktober 1986....	f	10,-
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 .....	f	10,-
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 .....	f	10,-
57. Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J.A. Schoneveld, november 1986 .....	f	10,-
59. Het bestrijden van verstuiven op landbouwgronden. Dr. ir. A. Darwinkel, november 1986 .....	f	10,-
60. Stikstofbemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986 .....	f	10,-
63. De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproductie in Noord-Nederland. S. Vreeke, maart 1987 .....	f	10,-
66. Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder, mei 1987 .....	f	10,-
69. Biologie en ecologie van vogelmuur ( <i>Stellaria media</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, september 1987 .....	f	10,-
70. Ontwikkeling van een biotoets voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje ( <i>Meloidogynapha</i> ). Ing. A.A.W. Zondervan, november 1987 .....	f	10,-
71. Het EPIPRE-adviesmodel, een kritische analyse. Werkgroep EPIPRE, december 1987 .....	f	10,-
72. Teelttechnische en economische aspecten bij de teelt van kleine witte kool. Ing. C. van Wijk, ir. C. Kramer, ing. G. Schroën en ir. R. Booij, januari 1988 .....	f	10,-
73. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H.M.G. van der Werf, april 1988 .....	f	10,-
74. Ontwikkelen van teeltbegeleidingssystemen voor aardappelen en suikerbieten. Ir. C.L.M. de Visser e.a., mei 1988 .....	f	10,-
75. Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptie-aardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Ing. H. Preuter, mei 1988 .....	f	10,-
78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. H.M.G. van der Werf en H. Hoek, december 1988 .....	f	10,-
80. Economische aspecten van de plantdichtheid bij witlof. Ir. C.F.G. Kramer, februari 1989 .....	f	10,-
81. Stikstofbemesting van ijssla. Dr. ir. J.H.G. Slangen (LU), ir. H.H.H. Titulaer (PAGV), ir. H. Niers (IB) en dr. ir. J. van der Boon (IB), februari 1989 .....	f	10,-
84. Oppervlakkige grondbewerking in het gewas maïs. H.M.G. van der Werf (PAGV), J.J. Klooster (IMAG) en D.A. van der Schans (PAGV), mei 1989 .....	f	10,-
85. Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). Ir. J. Schröder (PAGV) en ir. L.C.N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989 .....	f	10,-
86. Teelt van fabrieksaardappelen op bedden ten opzichte van op ruggen. Ing. J.K. Ridder, juli 1989 .....	f	10,-
91. Overzaaien van suikerbieten. Dr. ir. A.L. Smit, oktober 1989 .....	f	10,-
92. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën. Drs. S. Cupersuis, oktober 1989 .....	f	10,-
93. Wortelverbruining bij snijmaïs. J. Schröder, A.G.M. Ebskamp, K. Scholte, oktober 1989..	f	10,-
94. Noodzaak van roestbestrijding in Engels raai- en veldbeemgras. Ir. G.H. Horeman, november 1989 .....	f	10,-
95. Stikstofbemesting van peen. J.H.G. Slangen, H.H.H. Titulaer, H. Niers en J. van der Boon, januari 1990 .....	f	10,-
96. De teelt van Bintje fritesaardappelen op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, januari 1990 ..	f	10,-
97. Epipré-adviesmodel. Ing. H. Drenth en ing. W. Stol, maart 1990.....	f	10,-

98. Zuiveringsslib in de akkerbouw. Ing. A. de Jong, april 1990 .....	f	10,-
99. Aardpeer een potentieel nieuw gewas - teeltonderzoek 1986-1989. Ing. H. Morrenhof en ir. C. Bus, mei 1990 .....	f	10,-
100. Teeltvervroeging bij suikerbieten. Ir. A.L. Smit, mei 1990 .....	f	10,-
101. Teeltsystemen parthenocarpe augurken. J.T.K. Poll, ing. F.M.L. Kanters, ir. C.F.G. Kramer en ing. J. Jeurissen, mei 1990 .....	f	10,-
102. Stikstofbemesting bij spruitkool. Ing. J.J. Neuvel, mei 1990 .....	f	10,-
103. Minerale olie, insecticiden en bladluisdruk bij de teelt van pootaardappelen in relatie tot de verspreiding van het aardappelvirus y <sup>n</sup> . Ir. C.B. Bus, mei 1990 .....	f	10,-
104. Het effect van een grondbehandeling met pencycuron (Moncereen) tegen Rhizoctonia op de opbrengst van zetmeelaardappelen. Ing. J.K. Ridder, juni 1990 .....	f	10,-
105. Jaarverslag 1988 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, juni 1990 .....	f	10,-
106. Stikstofdeling bij snijmaïs. Ir. J. Schröder, juli 1990 .....	f	10,-
107. Langdurige bewaring van krotten in een geventileerde kuil en in een mechanisch gekoelde cel in seizoen 1986/1987, 1987/1988 en 1988/1989. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, juli 1990 .....	f	10,-
108. Optimale plantgetal van snijmaïs en van korrelmaïs, Ir. J. Schröder, juli 1990 .....	f	10,-
109. (Stikstof)bemesting van witte kool. Ir. H.H.H. Titulaer, december 1990 .....	f	10,-
110. Voorvruchteffecten bij inpassing van vollegroondsgroente in een akkerbouwrotatie. Ing. Th. Huiskamp, december 1990 .....	f	10,-
111. Teelt van bakwaardige tarwe in Nederland. Dr. ir. A. Darwinkel, december 1990 .....	f	10,-
112. Schietgevoeligheid van knolselderij. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, december 1990 .....	f	10,-
113. Populatie-ontwikkeling van het bietecysteeltje en de optredende schade bij continu teelt van suikerbieten in combinatie met grondontsmetting. Ir. J.G. Lamers, december 1990 .....	f	10,-
114. Onderzoek naar het effect van systemische nematociden bij koolgewassen. C. de Moel, december 1990 .....	f	10,-
115. Rhizomanie-onderzoek 1987-1989. Ir. Y. Hofmeester, december 1990 .....	f	10,-
116. Bladrandkeverbestrijding door middel van zaadcoating bij veldbonen. A. Ester, december 1990 .....	f	10,-
117. Gewasdag maïs, december 1990 .....	f	10,-
118. Graszaadstengelgalmuggen in veldbeemdgras. Ir. G. Horeman, december 1990 .....	f	10,-
119. Inventarisatie van ziekten en plagen in veldbeemdgras. Ir. G. Horeman, december 1990 .....	f	10,-
120. Biotoets voetziekten in erwten. Ir. P.J. Oyarzun, maart 1991 .....	f	10,-
121. Opbrengstvariabiliteit bij erwten en velbonen. Ing. D.A. van der Schans en ir. W. van den Berg, april 1991 .....	f	10,-
122. De bepaling van de opbrengst van een perceel snijmaïs bij de oogst. Ing. H.M.G. van der Werf MSC, ir. W. van den Berg en ing. A.J. Muller, april 1991 .....	f	10,-
123. Optimalisering toedieningstechniek dierlijke mest. Ing. G.J. van Dongen, ing. D.T. Baumann en ing. L.M. Lumkes, april 1991 .....	f	10,-
124. Beïnvloeding van het drogestofgehalte, opbrengstniveau en bewaarbaarheid van uien door teeltmethoden. Ir. C.L.M. de Visser, april 1991 .....	f	10,-
125. Onderzoek naar groeistofschade bij witlof ( <i>Cichorium intybus</i> L. var. <i>foliosum</i> ) in de seizoenen 1986/1987 t/m 1988/1989. Ir. G. van Kruistum en ing. C. van der Wel, mei 1991 .....	f	10,-
126. Teeltonderzoek tennisbloem in Nederland. Ing. J.G.N. Wander, ing. H.P. Versluis en ir. P.M. Spoorenberg, mei 1991 .....	f	10,-
127. Rendabiliteit van een verminderde bodembelasting. Bedrijfseconomische evaluatie van een lagedruk-berijdingssysteem. Ing. S.R.M. Janssens, juli 1991 .....	f	10,-
128. Effect van de hoogte en een deling van de stikstofbemesting op de opbrengst en kwaliteit van zomergerst. Ing. R.D. Timmer, J.G.N. Wander en ir. I.D.C. Duijnhouwer, september 1991 .....	f	10,-
129. Bepaling van de informatiebehoeften van agrarische ondernemers. Ir. P.W.J. Raven, ing. H. Drenth, ing. S.R.M. Janssens en drs. A.T. Krikke .....	f	10,-

130. Landbouwtechnische-, economische-, bedrijfskundige- en milieu-aspecten bij het toedienen en direct inwerken van dierlijke organische mest in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Ing. G.J. van Dongen, september 1991 .....	f	10,-
131. Teeltaspecten van wintergerst voor opbrengst en kwaliteit. Dr. ir. A. Darwinkel, september 1991 .....	f	10,-
132. Groei, ontwikkeling en opbrengst van witte kool in relatie tot het tijdstip van planten. Dr. ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, september 1991 .....	f	10,-
133. Information modelling for arable farming. Integrale vertaling van verslag 67 (Het globale informatiemodel Open Teelten), oktober 1991 .....	f	10,-
134. Het verloop van wegroten van moederknollen bij pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder en ir. C.B. Bus, december 1991 .....	f	10,-
135. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven op Trichodorus-gevoelige grond. Ing. A. Bos en drs. A.T. Krikke, december 1991 .....	f	10,-
136. Kwantitatieve aspecten van de verdelingsnauwkeurigheid van meststoffen. Ing. D.T. Baumann, december 1991 .....	f	10,-
137. Vergelijking van het bewaren van fijne peen op het veld, onder stro en in de natte koeling. Ing. J.A. Schoneveld, december 1991 .....	f	10,-
138. Jaarverslag 1989 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, januari 1992 .....	f	10,-
139. De invloed van de intensiteit van het bouwplan op pootaardappelen, suikerbieten en wintertarwe (vruchtwisselingsproefveld) FH82). Ing. H.W.G. Floot, ir. J.G. Lamers en ir. W. van den Berg, januari 1992 .....	f	10,-
140. De invloed van pootgoedbehandeling op het aantal stengels en knollen bij aardappelen. Ir. C.B. Bus, april 1992 .....	f	10,-
141. Analyse van het gebruik en de acceptatie van teeltbegeleidingssystemen in de praktijk. Ing. A. Grunefeld en ir. W.A. Dekkers, april 1992 .....	f	10,-
142. Bestudering van het groeiverloop van zaaiuien en bouw van een groeimodel. Ir. C.L.M. de Visser, oktober 1992 .....	f	25,-
143. Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmaïs, vlas en zaaiuien. Ing. Th. Huiskamp en ir. J.G. Lamers, oktober 1992 .....	f	10,-
144. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkebouw/opzet en eerste resultaten. Ir. F.G. Wijnands, ing. S.R.M. Janssens, Ing. P. v. Asperen en ing. K.B. v. Bon, oktober 1992 ..	f	10,-
145. Voorjaarstoediening van dunne dierlijke mest op kleigronden ing. G.J.M. van Dongen en ing. J. Alblas, oktober 1992 .....	f	10,-
146. Bedrijfsystemenonderzoek Borgerswold. Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1991. Ing. J. Boerma en ir. Y. Hofmeester, november 1992 .....	f	10,-
147. Koolvliegbestrijding met behulp van zaadcoating met insecticiden in bloem- en spruitkool, A. Ester en C.P. de Moel, november 1992 .....	f	10,-
148. Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmaïs Ir. J. Schröder, L. ten Holte, Ir. W. van Dijk, ing. W.J. de Groot, ing. W.A. de Boer en ir. E.J. Jansen, november 1992 .....	f	10,-
149. Najaarstoediening van dierlijke mest op kleigronden. Ir. H. Hengsdijk, november 1992 ..	f	10,-
150. Planning van de optimale sortering bij peen. Ing. J.A. Schoneveld, december 1992 .....	f	10,-
151. Invloed van varkensdrijfmest op het nitraatgehalte van groenten. Ir. H.H.H. Titulaer, december 1992 .....	f	10,-
152. Informatiemodel "gewasgroei en -ontwikkeling". Ir. P.W.J. Raven, ing. W. Stol, dr.ir. H. van Keulen, ing. R.F.I. van Himste, dr. M.A. van Oijen en ir. H. Marring maart 1993 .....	f	15,-
153. Arbeidsprestatie bij de oogst van ijsbergsla en bloemkool; een verkennende studie. Ing. C.I. Dekker en ing. B.J. van der Sluis, februari 1993 .....	f	15,-
154. Gebruik van insectengas op vollegrondsgroentegewassen. A. Ester e.a., febr. 1993 ..	f	15,-
155. Produktie- en kwaliteitsverloop bij snijmaïs. Ing. D. van der Schans, ing. H.M.G. van der Werf MSc en ir. W. van den Berg, april 1993 .....	f	15,-
156. Perspectieven van de teelt van brouwgerst buiten het Zuidwestelijk kleigebied. Ing. R.D. Timmer, april 1993 .....	f	15,-
157. The information model for crop protection in arable farming. Ir. A.J. Scheepens, april 1993 .....	f	15,-

158. Biospectron, een systeem van mineraalvoorziening voor winterarwe. Dr. ir. A. Darwinkel en A. Bramsvik, juli 1993.....	f 15,-
159. Onderzoek naar een systeem voor geleide bestrijding van bladvlekkenziekte in zaaiuien. ir. C.L.M. de Visser, september 1993.....	f 25,-
160. Rhizomanie-onderzoek 1990-1993. ir. L.W. Ebbers, november 1993.....	f 15,-
161. Bestrijding van het gerstevergelingsvirus in granen. Ing. R.D. Timmer, november 1993.....	f 15,-
162. Herfstbehandeling van Engels raaigras bestemd voor de eerste en tweede zaadoogst, en van veldbeemd en roodzwenk bestemd voor de tweede en latere zaadoogst op kleigronden. Ir. G.E.L. Borm, december 1993.....	f 20,-
163. De waardplantgeschiktheid van groenbemestingsgewassen voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje. Ir. J.G. Lamers en ing. Js. Roosjen, december 1993.....	f 15,-
164. Zekerheid van de veldopkomst bij peen. Ing. J.A. Schoneveld, december 1993.....	f 15,-
165. Mens- en milieuvriendelijke treksystemen voor witlof: een verkenning van mogelijkheden. Ing. E.A. van Os, ir. C.F.G. Kramer, ir. G. van Kruistum, ing. F.X.C. Looijestrein, dr. H.H.E. Oude Vrielink, januari 1994.....	f 15,-
166. De invloed van het weer op de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen. Ing. E. Bouma en prof. dr. ir. L. Wartena, januari 1994.....	f 15,-

## Publikaties

30. Effecten van grote drijfmestgiften bij de teelt van snijmaïs; ir. J.J. Schröder, september 1985.....	f 10,-
36. Informatiemodel 'Open Teelten'-bedrijf, juni 1987.....	f 10,-
42. Optimalisering van de stikstofvoeding van consumptie-aardappelen. Ir. C.D. van Loon en J.F. Houwing januari 1989.....	f 20,-
44. Bouwplan en vruchtopvolging. Ir. T.G.F.M. Aerts en ir. W.A.M. Kromwijk, maart 1989..	f 20,-
47. Handboek voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond, augustus 1989.....	f 35,-
50. Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk, maart 1990. Dr. P. Verelijken en ir. F.G. Wijnands.....	f 15,-
59. Bedrijfshygiëne in de praktijk, november 1991.....	f 15,-
60. Werkplan 1992, februari 1992.....	f 10,-
61. Jaarverslag 1991, april 1992.....	f 15,-
62. Verspreiding van onkruiden en plantenziekten met dierlijke mest. Ir. A.G. Elema en dr. ir. P.C. Scheepens, augustus 1992.....	f 15,-
63. Kwantitatieve informatie 1992-1993, oktober 1992.....	f 30,-
64. Jaarboek 1991/1992, oktober 1992.....	f 45,-
65. Werkplan 1993, februari 1993.....	f 15,-
66. Jaarverslag 1992, april 1993.....	f 15,-
67. 28 jaar De Schreef, ing. O. Hoekstra en ir. J.G. Lamers, april 1993.....	f 40,-
68. Planning van de vervangingsinvestering van een machine of werktuig. Ir. H.B. Schoorlemmer en drs. A.T. Krikke, augustus 1993.....	f 20,-
69. Kwantitatieve informatie 1993-1994, september 1993.....	f 30,-
70a. Jaarboek 1992/1993 akkerbouw, oktober 1993.....	f 30,-
70b. Jaarboek 1992/1993 vollegrondsgroenteteelt, oktober 1993.....	f 20,-

## Themaboekjes

4. Snijmaïs; maart 1984.....	f 10,-
5. Zomergerst; november 1985.....	f 10,-
6. Kwaliteitszorg bij de teelt van witlof; december 1985.....	f 10,-
7. Organische stof in de akkerbouw, februari 1986.....	f 10,-
8. Geïntegreerde bedrijfssystemen, 17 november 1988.....	f 15,-
9. Vruchtwisseling, november 1989.....	f 15,-
10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw, maart 1990.....	f 15,-
11. Bewaring van vollegrondsgroenten, december 1990.....	f 15,-



12. Bodemgebonden plagen en ziekten van aardappelen, november 1991 .....	f 15,-
13. Gewasbescherming vollegrondsgroenten, november 1992 .....	f 15,-
14. Bedrijfsystemen voor een Akkerbouw met toekomst, december 1992.....	f 25,-
15. Duurzame onkruidbestrijding, november 1993.....	f 25,-
16. Aardappelen, december 1993.....	f 25,-
17. Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw .....	f 35,-

#### **OBS-uitgaven**

1. Verslag over 1980 (mei 1983).....	f 25,-
2. Verslag over 1981 (december 1983) .....	f 25,-
3. Verslag over 1982 (mei 1984) .....	f 25,-
4. Verslag over 1983 (augustus 1985) .....	f 20,-
5. Verslag over 1984 (augustus 1986) .....	f 20,-
6. Verslag over 1985 (mei 1988).....	f 20,-
7. Verslag over 1986 (april 1991).....	f 15,-
8. Verslag over 1987 (december 1991).....	f 15,-
9. Verslag over 1988 (februari 1992).....	f 15,-
10. Verslag over 1989 (juni 1993).....	

#### **Teelthandleidingen**

12. Witlof, teelt van de wortel en produktie van het lof, augustus 1989 .....	f 20,-
13. Voederbieten, april 1983 .....	f 10,-
15. Bestrijding van onkruiden in suikerbieten (incl. de gids "Akker-onkruiden en hun kiemplanten f 15,-"), maart 1985.....	f 12,50
17. Sluitkool, mei 1985 .....	f 10,-
19. Sla, oktober 1985.....	f 10,-
21. Suikerbieten, december 1986 .....	f 15,-
22. Andijvie, augustus 1987 .....	f 10,-
23. Wintertarwe, september 1987.....	f 15,-
24. Kroten, juli 1988 .....	f 15,-
25. Luzerne, september 1988 .....	f 15,-
26. Graszaad, oktober 1988.....	f 15,-
27. Stamslabonen, november 1988 .....	f 15,-
28. Teelt van droge erwten, maart 1989 .....	f 15,-
29. Teelt van augurken, november 1990.....	f 15,-
30. Teelt van knolselderij, november 1990.....	f 15,-
31. Teelt van spruitkool, november 1990 .....	f 15,-
32. Teelt van rabarber, februari 1991.....	f 15,-
33. Teelt van tuinbonen, maart 1991.....	f 15,-
34. Teelt van vlas, april 1991 .....	f 15,-
35. Teelt van triticale, april 1991 .....	f 10,-
36. Teelt van peen, juni 1991.....	f 20,-
37. Teelt van schorseneren, oktober 1991.....	f 15,-
38. Teelt van spinazie, november 1991 .....	f 15,-
39. Teelt van plantuien, november 1991.....	f 15,-
40. Teelt van radicchio, november 1991 .....	f 10,-
41. Teelt van winterrogge, december 1991.....	f 10,-
42. Teelt van witte asperge, december 1991 .....	f 15,-
43. Teelt van boerenkool, maart 1992.....	f 15,-
44. Teelt van rammenas, april 1992.....	f 15,-
45. Teelt van zomergerst, juni 1992.....	f 20,-
46. Teelt van peterselie en bladselderij, oktober 1992.....	f 10,-
47. Teelt van groene asperge, december 1992 .....	f 15,-
48. Teelt van doperwten, december 1992.....	f 15,-
49. Teelt van thijm, februari 1993.....	f 10,-

50. Teelt van Digitalis Lanata, februari 1993.....	f 10,-
51. Teelt van bloemkool, april 1993 .....	f 35,-
52. Teelt van zaaiuien, juni 1993.....	f 30,-
53. Teelt van suikermaïs, juli 1993.....	f 25,-
54. Teelt van broccoli, juli 1993.....	f 30,-
55. Teelt van knolvenkel, augustus 1993.....	f 25,-
56. Teelt van prei, oktober 1993.....	f 30,-
57. Teelt van consumptie-aardappelen, november 1993.....	f 30,-
58. Teelt van maïs, december 1993.....	f 25,-
59. Teelt van dille, januari 1994 .....	f 15,-
60. Teelt van karwij, januari 1994.....	f 15,-

#### **Korte teeltbeschrijvingen**

1. Teunisbloemen, maart 1986 .....	f 5,-
3. Paksoi en amsoi, augustus 1986 .....	f 5,-
4. Bosui, december 1986 .....	f 5,-
7. Courgette en pompoen, december 1988.....	f 5,-
8. Chinese kool, november 1989.....	f 10,-

#### **Niet opgenomen in een reeks**

- Bouwboek (inhoud + ringband; voor het bijhouden van uiteenlopende bedrijfsadministratie), januari 1988 .....	f 35,-
- Phoma bij aardappelen. Ing. A. Schepers en ir. C.D. van Loon, maart 1988 .....	f 5,-

## losse bestellingen

U kunt losse exemplaren bestellen door het per titel vermelde bedrag over te maken op postgiro-rekening nr. 22.49.700 van het PAGV, Lelystad, met vermelding van de uitgave(n) die u wilt ontvangen.

## PAGV-jaarabonnementen

U kunt kiezen uit de volgende abonnementen:

- **akkerbouw-praktijk:**  
bevat op de praktijk gerichte akkerbouw- en algemene informatie
- **akkerbouw-totaal:**  
bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. akkerbouw
- **vollegrondsgroente-praktijk:**  
bevat op de praktijk gerichte vollegrondsgroente- en algemene informatie
- **vollegrondsgroente-totaal:**  
bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-praktijk:**  
bevat op de praktijk gerichte informatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-verslagen:**  
bevat indirect wel praktijkgerichte informatie, maar bestaat in principe uit gedetailleerd onderzoek-informatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-PAGV:**  
bevat alle PAGV-uitgaven.

Onderstaand schema laat zien welke PAGV-uitgaven u ontvangt bij een bepaald pakket-abonnement:

PAGV-uitgaven	akkerbouw-praktijk	akkerbouw-totaal	vollegrondgr.-praktijk	vollegrondsggr.-totaal	totaal-praktijk	totaal-verslagen	totaal-PAGV
Werkplan	x	x	x	x	x	x	x
Jaarverslag	x	x	x	x	x	x	x
Jaarboek	x	x	x	x	x		x
Kwantitatieve Informatie	x	x	x	x	x		x
publikaties akkerbouw	x	x			x		x
publikaties vollegrondsgroenteteelt			x	x	x		x
publikaties algemeen	x	x	x	x	x		x
teelthandleidingen akkerbouw	x	x			x		x
teelthandl. vollegrondsgroenteteelt			x	x	x		x
verslagen akkerbouw		x				x	x
verslagen vollegrondsgroenteteelt				x		x	x
verslagen algemeen		x		x		x	x
prijs per jaar	f100,-	f175,-	f75,-	f125,-	f150,-	f100,-	f250,-

U wordt pakket-abonnee door het per abonnement vermelde bedrag over te maken op postgirorekening-nummer 22.49.700 van het PAGV te Lelystad, met vermelding van het betreffende abonnement.

U ontvangt dan zonder verdere kosten alle betreffende uitgaven in het betreffende kalenderjaar.

- **Bestel-abonnement** (f25,-). Deze bestaat uit een Nieuwsbrief die ieder kwartaal verschijnt en melding maakt van nieuwe PAGV-uitgaven. Deze kunt u vervolgens (met korting) bestellen. Als bestel-abonnee ontvangt u bovendien het jaarverslag.
- **Rassen Bulletin-abonnement** (f25,-). Deze bestaat uit de Rassen Bulletins voor de Akkerbouw (in-clusief de grassen voor grasvelden en gazons).

N.B. Uw abonnement wordt automatisch verlengd voor een volgend jaar. Wijziging/opzegging van het abonnement is schriftelijk mogelijk tot 1 november van het abonnementsjaar.